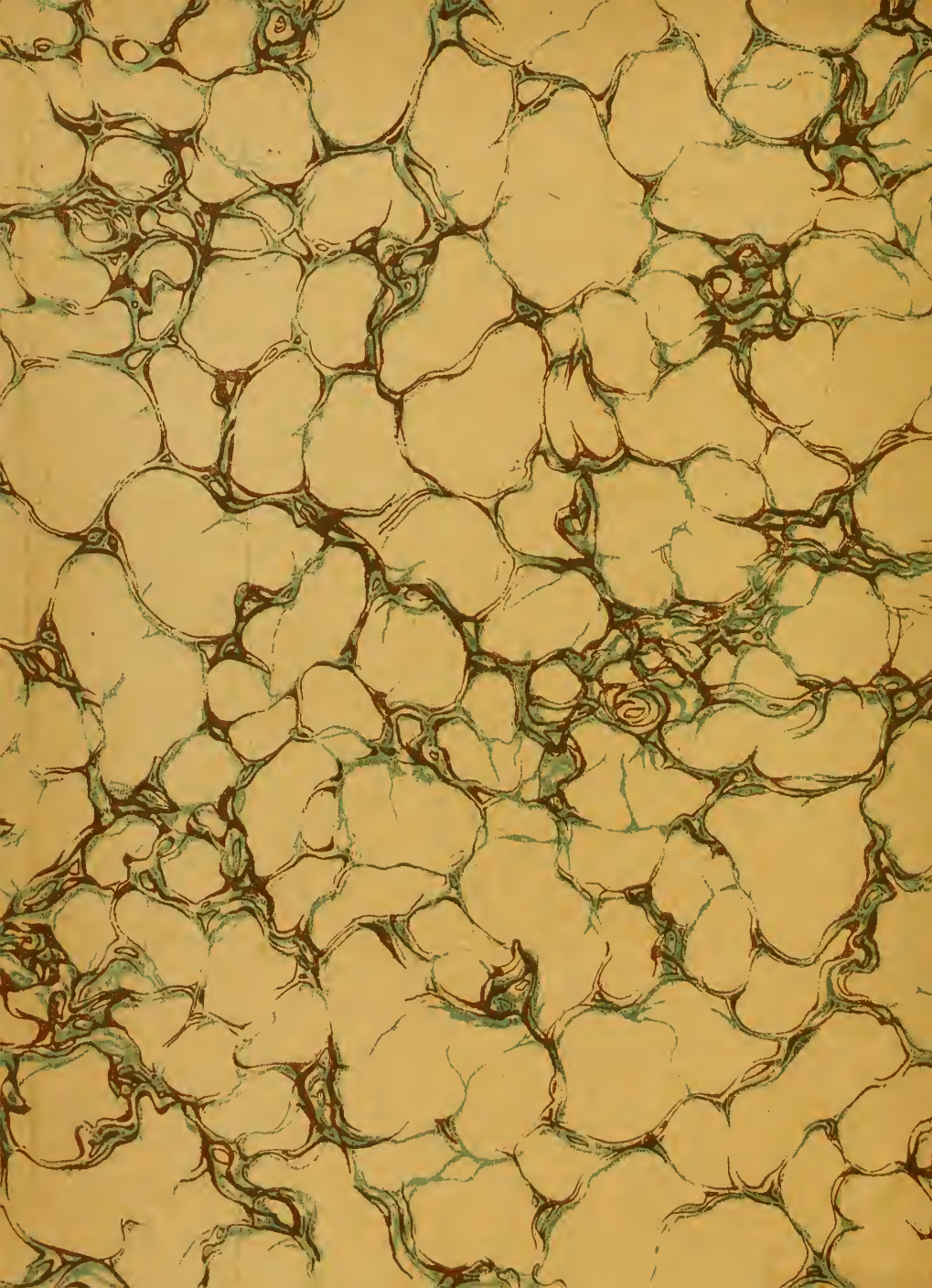
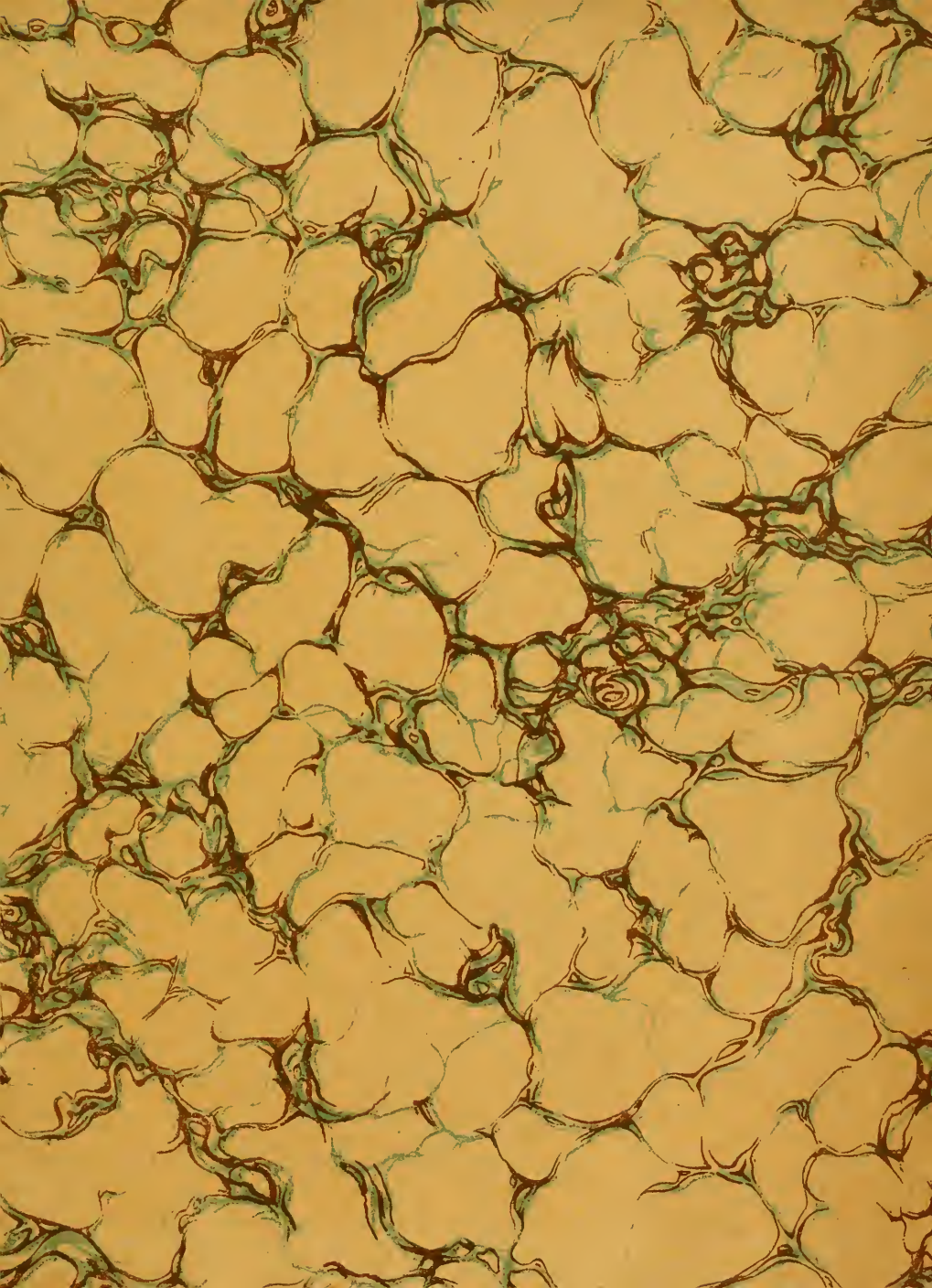




COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-CINQUANTIÈME.

JANVIER — JUIN 1910.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1910

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE MASS

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1910.

SCIENCES MATHÉMATIQUES

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs:

Jordan (Marie-Ennemond-Camille) (o. ✻).
Poincaré (Jules-Henri) (c. ✻).
Picard (Charles-Émile) (o. ✻).
Appell (Paul-Émile) (c. ✻).
Painlevé (Paul) ✻.
Humbert (Marie-Georges) ✻.

Section II. — *Mécanique.*

Levy (Maurice) (c. ✻).
Boussinesq (Valentin-Joseph) (o. ✻).
Deprez (Marcel) (o. ✻).
Léauté (Henry) (o. ✻).
Sebert (Hippolyte) (c. ✻).
Vieille (Paul-Marie-Eugène) (o. ✻).

Section III. — *Astronomie.*

Wolf (Charles-Joseph-Étienne) (o. ✻).
Radau (Jean-Charles-Rodolphe) ✻.
Deslandres (Henri-Alexandre) ✻.
Bigourdan (Guillaume) ✻.
Baillaud (Édouard-Benjamin) (o. ✻).
Hamy (Maurice-Théodore-Adolphe).

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Grandidier (Alfred) (o. ✻).
Bassot (Jean-Léon-Antoine) (c. ✻).
Guyou (Émile) (c. ✻).
Hatt (Philippe-Eugène) (o. ✻).
Bertin (Louis-Émile) (c. ✻).
N. . . . . .

Section V. — *Physique générale.*

Messieurs :

Lippmann (Gabriel) (C. ✻).
Violle (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).
Amagat (Émile-Hilaire) (O. ✻).
Gernez (Désiré-Jean-Baptiste) (O. ✻).
Bouty (Edmond-Marie-Léopold) (O. ✻).
Villard (Paul).

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Troost (Louis-Joseph) (C. ✻).
Gautier (Émile-Justin-Armand) (C. ✻).
Lemoine (Georges) (O. ✻).
Haller (Albin) (O. ✻).
Le Chatelier (Henry-Louis) (O. ✻).
Jungfleisch (Émile-Clément) (O. ✻).

Section VII. — *Minéralogie.*

Lévy (Auguste-Michel) (O. ✻).
Lacroix (François-Antoine-Alfred) ✻.
Barrois (Charles-Eugène) (O. ✻).
Douvillé (Joseph-Henri-Ferdinand) (O. ✻).
Wallerant (Frédéric).
Termier (Pierre-Marie) (O. ✻).

Section VIII. — *Botanique.*

Bornet (Jean-Baptiste-Édouard) (O. ✻).
Guignard (Jean-Louis-Léon) (O. ✻).
Bonnier (Gaston-Eugène-Marie) (✻).
Prillieux (Édouard-Ernest) (O. ✻).
Zeiller (Charles-René) (O. ✻).
Mangin (Louis-Alexandre) (O. ✻).

Section IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

Schlœsing (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
Chauveau (Jean-Baptiste-Auguste) (G. O. ✻).
Müntz (Charles-Achille) (O. ✻).
Roux (Pierre-Paul-Émile) (C. ✻).
Schlœsing (Alphonse-Théophile) ✻.
Maquenne (Léon-Gervais-Marie) ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

Ranvier (Louis-Antoine) (O. ✻).
Perrier (Jean-Octave-Edmond) (C. ✻).
Chatin (Joannès-Charles-Melchior) (O. ✻).
Delage (Marie-Yves) (O. ✻).
Bouvier (Louis-Eugène) ✻.
Henneguy (Louis-Félix) (O. ✻).

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

Bouchard (Charles-Jacques) (G. O. ✻).
Guyon (Jean-Casimir-Félix) (C. ✻).
Arsonval (Arsène d') (C. ✻).
Lannelongue (Odilon-Marc) (C. ✻).
Laveran (Charles-Louis-Alphonse) (O. ✻).
Dastre (Albert-Jules-Frank) (O. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Darboux (Jean-Gaston) (C. ✻), pour les Sciences mathématiques.
Van Tieghem (Philippe-Édouard-Léon) (C. ✻), pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ✻).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (G. O. ✻).
CAILLETET (Louis-Paul) (O. ✻).
CARNOT (Marie-Adolphe) (C. ✻).
ROUCHÉ (Eugène) (O. ✻).
PICARD (Alfred-Maurice) (G. C. ✻).
LABBÉ (Léon) (C. ✻).
BONAPARTE (Le prince Roland).
TANNERY (Jules) (O. ✻).
CARPENTIER (Jules-Adrien) (C. ✻).

ASSOCIÉS ÉTRANGERS [1].

LISTER (Lord), à Londres.
SUESS (Édouard), à Vienne.
HOOKER (Sir Joseph-Dalton), à Kew.
SCHIAPARELLI (Jean-Virginius), à Milan.
KOCH (Robert), à Berlin.
AGASSIZ (Alexandre) (O. ✻), à Cambridge (Massachusetts).
MONACO (S. A. S. Albert Ier, Prince souverain DE) (G. C. ✻).
N. . . . . .
N. . . . . .
N. . . . . .
N. . . . . .
N. . . . . .

---

[1] Un décret, en date du 1er décembre 1909, a porté le nombre des Associés étrangers de 8 à 12.

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie* (10).

Messieurs :

Schwarz (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
Klein (Félix), à Gœttingue.
Méray (Hugues-Charles-Robert) (O. ✻), à Dijon.
Zeuthen (Hieronymus-Georg), à Copenhague.
Mittag-Leffler (Magnus-Gustaf) (O. ✻), à Stockholm.
Dedekind (Julius-Wilhelm-Richard), à Brunswick.
Nœther (Max), à Erlangen.
Volterra (Vito), à Rome.
Guichard (Claude), à Clermont-Ferrand.
Gordan (Paul), à Erlangen.

Section II. — *Mécanique* (10).

Considère (Armand-Gabriel) (O. ✻), à Quimper.
Amsler (Jacob), à Schaffhouse.
Vallier (Frédéric-Marie-Emmanuel) (O. ✻), à Versailles.
Dwelshauvers-Dery (Victor-Auguste-Ernest) ✻, à Liége.
Bazin (Henry-Émile) (O. ✻), à Chenôve (Côte-d'Or).
Duhem (Pierre), à Bordeaux.
Hoff (Jacobus-Henricus Van't) ✻, à Berlin.
Witz (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
N. . . . . .
N. . . . . .

Section III. — *Astronomie* (16).

Lockyer (Sir Joseph-Norman), à Londres.
Huggins (Sir William), à Londres.
Stephan (Jean-Marie-Édouard) (O. ✻), à Marseille.
Auwers (Arthur), à Berlin.

Messieurs :

BACKLUND (Oskar), à Poulkova.
GILL (Sir David) (O. ✻), à Londres.
BAKHUYZEN (VAN DE SANDE) (C. ✻), à Leyde.
CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
ANDRÉ (Charles-Louis-François) (O. ✻), à l'Observatoire de Lyon.
WEISS (Edmund) (O. ✻), à l'Observatoire de Vienne.
PICKERING (Edward-Charles), à Cambridge (Massachusetts).
GAILLOT (Jean-Baptiste-Aimable) (✻).
TURNER (Herbert-Hall).
HALE (George-Ellery).
KAPTEYN (Jacobus-Cornelius) (O. ✻), à Groningue.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
NANSEN (Fridtjof) (C. ✻), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P. Édouard-Élie), à Tananarive.
GALLIENI (Joseph-Simon) (G. O. ✻), à Saint-Raphaël (Var).
DAVIDSON (George), à San-Francisco.
DARWIN (Sir George), à Cambridge.
BRASSEY (Thomas, Lord) (C. ✻), à Londres.
N . . . . . .
N . . . . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

RAYLEIGH (John-William STRUTT, Lord) (O. ✻), à Essex.
BLONDLOT (René-Prosper) ✻, à Nancy.
HITTORF (Wilhem), à Munster (Prusse).
VAN DER WAALS (Johannes-Diderik), à Amsterdam.
MICHELSON (Albert-A.), à Chicago.
GOUY (Georges-Louis) (O. ✻), à Lyon.
BENOIT (Justin-Miranda-René) (O. ✻), à Sèvres.
LORENTZ (Hendrik-Antoon), à Leyde.
CROOKES (Sir William), à Londres.
N. . . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10).

Messieurs :

Lecoq de Boisbaudran (Paul-Émile dit François) ✻, à Cognac.
Baeyer (Adolf von), à Munich.
Roscoe (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.
Cannizzaro (Stanislas) (O. ✻), à Rome.
Ramsay (Sir William) (O. ✻), à Londres.
Fischer (Emil), à Berlin.
Sabatier (Paul) (O. ✻), à Toulouse.
Forcrand de Coiselet (Hippolyte-Robert de) (O. ✻), à Montpellier.
Henry (Louis), à Louvain.
Ladenburg (Albert), à Breslau.

Section VII. — *Minéralogie* (10).

Gosselet (Jules-Auguste-Alexandre) (O. ✻), à Lille.
Geikie (Sir Archibald), à Londres.
Tschermak (Gustav), à Vienne.
Depéret (Charles-Jean-Julien) ✻, à Lyon.
Rosenbusch (Harry), à Heidelberg.
Œhlert (Daniel) ✻, à Laval.
Brögger (Wlademar-Christofer), à Christiania.
Heim (Albert), à Zurich.
Zirkel (Ferdinand), à Leipzig.
Kilian (Charles-Constant-Wilfrid) (O. ✻), à Grenoble.

Section VIII. — *Botanique* (10).

Grand'Eury (François-Cyrille) ✻, à Saint-Étienne.
Treub (Melchior) ✻, au Caire.
Schwendener (Simon), à Berlin.
Pfeffer (Wilhelm-Friedrich-Philipp), à Leipzig.
Strasburger (Édouard), à Bonn.
Warming (Johannes-Eugenius-Beilow), à Copenhague.
Flahault (Charles-Henri-Marie) (O. ✻), à Montpellier.
Bertrand (Charles-Eugène) ✻, à Lille.
Boudier (Jean-Louis-Émile), à Montmorency.
Wiesner (Julius), à Vienne.

Section IX. — *Économie rurale* (10).

Messieurs :

Houzeau (Auguste) (O. ✻), à Rouen.
Arloing (Saturnin) (C. ✻), à Lyon.
Pagnoul (Aimé) (O. ✻), à Arras.
Gayon (Léonard-Ulysse) (O. ✻), à Bordeaux.
Kuehn (Julius), à Halle.
Winogradski (Serge), à Saint-Pétersbourg.
Yermoloff (Alexis) (C. ✻), à Saint-Pétersbourg.
Tisserand (Louis-Eugène) (G. O. ✻), à Vaucresson.
Heckel (Édouard-Marie) (C. ✻), à Marseille.
N. . . . . .

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Fabre (Jean-Henri) ✻, à Sérignan (Vaucluse).
Sabatier (Armand) (O. ✻), à Montpellier.
Retzius (Gustave), à Stockholm.
Lankester (Edwin-Ray), à Londres.
Maupas (Émile-François), à Alger.
Van Beneden (Édouard), à Liége.
Metchnikoff (Élie) (O. ✻), à Sèvres.
Waldeyer (Henri-Guillaume-Godefroi), à Berlin.
Simon (Eugène-Louis), à Lyons-la-Forêt (Eure).
N . . . . . .

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

Lépine (Jacques-Raphaël) (O. ✻), à Lyon.
Leyden (Ernst von), à Berlin.
Mosso (Angelo), à Turin.
Zambaco (Démétrius-Alexandre) (O. ✻), à Constantinople.
Czerny (Vincent-Joseph), à Heidelberg.
Baccelli (Guido), à Rome.
Calmette (Léon-Charles-Albert) (O. ✻), à Lille.
N. . . . . .
N. . . . . .
N. . . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JANVIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

M. **Bouchard**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1909.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er Janvier 1910

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le Tome CXLVII (2e semestre de l'année 1908) a paru avec ses tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1909 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires des Savants étrangers. — Le Tome XXXIII a été mis en distribution le 14 avril. Ce volume comprend les Mémoires suivants : 1° *Mémoire sur les déplacements à trajectoires sphériques*, par M. Émile Borel; 2° *Essai sur le calcul du nombre des classes de formes quadratiques binaires aux coefficients entiers*, par M. Mathias Lerch; 3° *Mémoire sur l'ellipticité du géoïde dans le tunnel du Simplon*, par M. Marcel Brillouin; 4° *Mémoire sur le problème d'Analyse relatif à l'équilibre des plaques élastiques encastrées*, par M. Jacques Hadamard. Le Tome XXXIV a été mis en distribution le 7 juin. Ce volume comprend les deux Mémoires suivants qui ont remporté le Grand Prix des Sciences mathématiques en 1908 : Le

Mémoire n° 1, ayant pour auteur M. Luigi Bianchi, professeur à l'Université de Pise, est intitulé : *Théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques générales.* — Le Mémoire n° 2, dont l'auteur est M. C. Guichard, Correspondant de l'Académie, est intitulé : *Sur la déformation des quadriques.*

Volumes en cours de publication.

Mémoires de l'Académie [1]. — Tome LI. Ce Tome comprendra : 1° Deux Mémoires de M. Gaston Darboux, le premier portant pour titre : *Détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin et plus généralement une famille de surfaces à lignes de courbure plane dans les deux systèmes;* le second intitulé : *Second Mémoire sur la détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin;* l'impression de ces deux Mémoires est achevée; 2° Une réimpression des études faites, à la fin du XVIIIe siècle, sur les aérostats, par le général Meusnier; 3° Une Notice historique sur le général Meusnier, par M. Gaston Darboux; 4° Une Notice sur la vie et les travaux de Pierre Duchartre, par M. Ph. van Tieghem.

Changements survenus parmi les Membres depuis le 1er janvier 1909.

Membres décédés.

Section de Géographie et Navigation : M. **Bouquet de la Grye**, le 21 décembre.

Associé étranger : M. **Simon Newcomb**, à Washington, le 11 juillet.

Membres élus.

Section de Chimie : M. **Jungfleisch**, le 15 février, en remplacement de M. Ditte, décédé.

Section de Minéralogie : M. **Termier**, le 22 mars, en remplacement de M. Gaudry, décédé.

Section de Botanique : M. **Mangin**, le 25 janvier, en remplacement de M. Ph. van Tieghem, élu Secrétaire perpétuel.

Associé étranger : **S. A. S. Albert Ier**, Prince souverain de Monaco, le 29 mars, en remplacement de Lord Kelvin, décédé.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 14, ligne 15, *lire* Tome L au lieu de Tome LI.

Membres à remplacer.

Section de Géographie et Navigation : M. **Bouquet de la Grye**, décédé le 21 décembre 1909.

Associé étranger : M. **Simon Newcomb**, décédé à Washington, le 11 juillet 1909.

Nouvelles places créées.

Associés étrangers. — Un décret, en date du 1er décembre 1909, a porté le nombre des Associés étrangers de 8 à 12. Ces quatre nouvelles places ne sont pas encore pourvues de titulaires.

Changements survenus parmi les Correspondants depuis le 1er janvier 1909.

Correspondant élu Associé étranger.

Section de Géographie et Navigation. — **S. A. S. Albert Ier**, Prince souverain de Monaco, a été élu Associé étranger le 29 mars.

Correspondants décédés.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Bergh**, à Copenhague, le 20 juin; M. **Lortet**, à Lyon, le 25 décembre.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Engelmann**, à Berlin, le 20 mai.

Correspondants élus.

Section d'Astronomie : M. **Kapteyn**, à Groningue, le 5 juillet, en remplacement de M. Baillaud, élu Membre titulaire.

Section de Chimie : M. **Ladenburg**, à Breslau, le 13 décembre, en remplacement de M. Mendeléef, décédé.

Section de Minéralogie : M. **Zirkel**, à Leipzig, le 4 janvier, en remplacement de M. Carl Klein, décédé; M. **Kilian**, à Grenoble, le 18 janvier, en remplacement de M. Peron, décédé.

Section de Botanique : M. **Boudier**, à Montmorency, le 29 mars, en remplacement de M. Tylden Masters, décédé; M. **Julius Wiesner**, à Vienne, le 5 avril, en remplacement de M. Clos, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Eugène Simon**, à Lyons-la-Forêt (Eure), en remplacement de M. Bergh, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Mécanique : M. **Sire**, à Besançon, décédé le 12 septembre 1906; M. **Zeuner**, à Dresde, décédé le 17 octobre 1907.

Section de Géographie et Navigation : M. **Augustin Normand**, au Havre, décédé le 21 décembre 1906; **S. A. S. Albert Ier**, Prince souverain de Monaco, élu Associé étranger le 29 mars 1909.

Section de Physique générale : M. **Crova**, à Montpellier, décédé le 21 juin 1907.

Section d'Économie rurale : M. **Fliche**, à Nancy, décédé le 29 novembre 1908.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Lortet**, à Lyon, décédé le 25 décembre 1909.

Section de Médecine et Chirurgie : **Sir J.-S. Burdon Sanderson**, à Oxford, décédé en 1905; M. **Herrgott**, à Nancy, décédé le 4 mars 1907; M. **Engelmann**, à Berlin, décédé le 20 mai 1909.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En prenant place au fauteuil de la Présidence, M. **Émile Picard** s'exprime comme il suit :

Mes chers Confrères,

Je suis sûr tout d'abord d'être votre interprète, en adressant à M. Bouchard tous nos remercîments pour le zèle et l'autorité avec lesquels il a présidé à nos travaux; la durée de sa présidence a dépassé les limites ordinaires, et il a eu en outre la charge de la présidence de l'Institut. En prenant place à ce fauteuil, je vous dois tous mes remercîments pour l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant au Bureau il y a dix-huit mois. C'est un grand honneur, qui ne va pas sans mélancolie, puisqu'il témoigne de quelque vieillesse au moins académique; mais nous devons nous souvenir ici que,

travaillant à une œuvre sans fin, la Science, sinon le savant, reste toujours jeune.

Plusieurs de nos anciens présidents, si je me rappelle bien, ont vu une preuve de cette jeunesse dans l'ardeur avec laquelle nous causons pendant les séances, et j'ai déjà pu vérifier de cette place que le bruit dépassait, à certains moments, les limites permises. Un de nos correspondants étrangers, membre d'une illustre Société scientifique, me disait un jour que dans cette Compagnie régnait un silence parfait, mais qu'à côté de la salle des séances se trouvait une autre salle où l'on prenait le thé. Je n'ose pas proposer cette solution à nos secrétaires perpétuels, qui répondraient peut-être que l'Académie ne dispose pas de fonds pour cet objet; mais, si nous n'avons pas le thé, nous avons à droite et à gauche des salles disponibles. Celle de droite en particulier, la salle de l'Académie française, est regardée comme le lieu de conversation le plus distingué qui soit en France; je vous la recommande donc tout particulièrement pour vos causeries.

A ce désir d'un silence relatif, je vous demande la permission de joindre un souhait de plus haute importance pour l'Académie. Il est fort regrettable qu'une ancienne tradition soit suivie d'une manière si intermittente, je veux parler des Notices que chacun de nous devrait consacrer à son prédécesseur. Rien n'est plus difficile à écrire que l'histoire des Sciences; on y rencontre tant de légendes, de fausses attributions, de silences parfois intentionnels. Des Notices mûrement élaborées, écrites dans les années qui suivent la mort d'un savant sans autre souci que celui de la vérité, peuvent empêcher l'éclosion ou la propagation d'erreurs difficiles plus tard à corriger. Bien souvent, on nous distribue des Notices sur d'anciens confrères des Académies des Inscriptions, des Sciences morales et des Beaux-Arts, qui toutes trois respectent fidèlement la tradition. Ne pourrions-nous pas les imiter? il ne semble pas qu'un astronome doive avoir plus de mal à parler d'un astronome, et un chimiste d'un chimiste, qu'un helléniste d'un assyriologue. En remplissant un pieux devoir envers nos confrères disparus, nous préparerions des documents de grande importance pour l'histoire de la Science française et de l'Académie. Nos secrétaires perpétuels ne peuvent, malgré leur zèle et leur talent, dans une unique Notice annuelle, suffire à cette tâche si vaste, à laquelle chacun de nous devrait au moins une fois collaborer. Je souhaite, mes chers confrères, que plusieurs d'entre vous veuillent bien se rappeler que l'histoire des Sciences est de notre domaine, et que c'est à nous qu'il appartient de rappeler la grandeur du patrimoine scientifique de la France.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence à la Côte d'Ivoire d'une série pétrographique comparable à celle de la charnockite.* Note de M. **A. Lacroix.**

M. Auguste Chevalier m'a confié l'étude des nombreux matériaux pétrographiques, recueillis au cours du long voyage qu'il vient de faire de la Guinée à la Côte d'Ivoire, en passant par les sources du Niger. Ces roches apportent de précieux renseignements sur la constitution géologique d'une vaste région, jusqu'ici inconnue à ce point de vue.

Les formations sédimentaires anciennes ne sont représentées que par un très petit nombre d'échantillons de schistes ardoisiers et de quartzites à magnétite, constituant les crêtes escarpées du massif du mont Nimba (notamment aux environs de Nzò [1]) qui se développe à la frontière de la Guinée, de la Côte d'Ivoire et de Libéria. Presque toute la région parcourue par M. Chevalier est constituée par des granites à biotite, souvent riches en microcline (notamment aux sources du Niger), par des pegmatites, par des gneiss (pour la plupart des orthogneiss), traversés par des filons de diabase, souvent en voie de transformation en schistes amphiboliques, là où les actions dynamiques ont été puissantes.

Ces différentes roches sont en moyenne assez banales et fort analogues à celles du Fouta-Djalon et de la basse Côte d'Ivoire, il faut en excepter cependant les roches remarquables qui font l'objet de cette Note ; elles constituent une vaste surface, comprise au sud et à l'est du massif schisteux du mont Nimba, dans les hautes vallées du Nuon (Cestos), du Cavally et du Sassandra. La portion de cette région située à l'est du Nuon et comprenant les bassins du Cavally et de deux affluents du Sassandra, le Zò et le Koué, est habitée par les Dans (Dyolas), alors que plus au Nord se trouve le pays des Touras (bassin du Bafing, affluent du Sassandra).

Cette région est granitique ; elle présente une topographie tout à fait caractéristique que M. Chevalier a décrite ainsi [2] :

> Entre ces deux profondes vallées (celles du Cavally et du Sassandra) s'étendent, d'une manière presque ininterrompue, des pâtés de montagnes, dont les pics, en nombre incalculable, se dressent de 800^{m} à 1400^{m} au-dessus du niveau de la mer, sur un ruban large de plus de 50^{km} (allant du 7° 20′ au 7° 50′ de latitude Nord) et couvrant une superficie de 6000^{km^2}.... Toutes ces montagnes sont constituées par des dômes plus ou moins abrupts, isolés ou souvent soudés les uns aux autres.

---

(1) Ces quartzites reposent à Nzò sur un granite gneissique à biotite.

(2) *La Géographie*, t. XX, 1909, p. 210.

Les principaux points où les échantillons ont été recueillis sont dans le pays des Dans, les environs de Danané (entre le Nuon et le Cavally), les mont Momy et mont Dou (au sud-est de Droupolé), les environs de Man (dans le bassin du Zô), Zoanlé, enfin dans le pays des Touras, les monts Gouékouma et Gouréni et le mont Soulou ou Doulou plus près du confluent du Sassandra et du Bafing (1).

Toutes ces roches constituent une série continue très compréhensive, allant d'un *granite à hypersthène* presque uniquement constitué par du quartz et des feldspaths, jusqu'à une *norite* dépourvue de quartz et renfermant au moins 50 pour 100 d'hypersthène. Parmi les échantillons recueillis dans une même localité, il existe souvent plusieurs types (environs de Man, Zoanlé, mont Momy, etc.). Aussi paraît-il assez vraisemblable que ces derniers ne soient pour la plupart que des facies de variation d'un même massif, bien qu'il soit possible que certains d'entre eux constituent aussi des individualités géologiques distinctes, des filons par exemple (2).

A l'état frais, toutes ces roches sont grises, mais le plus souvent elles sont colorées en jaune ou en chamois par des infiltrations ferrugineuses.

Le granite est à gros grains, il est parfois pegmatique. Il est essentiellement constitué par de l'orthose, de l'oligoclase et du quartz, avec fort peu d'hypersthène et de biotite. En général, quand l'hypersthène devient plus abondant, la biotite et l'orthose diminuent, le plagioclase augmente, et la roche passe ainsi progressivement à des norites quartzifères, puis à des norites sans quartz, dans lesquelles le plagioclase ne dépasse pas l'andésine basique; il existe cependant quelques variétés de norites assez riches en biotite. Dans les norites franches, l'hypersthène est associé à un pyroxène monoclinique, incolore comme lui en lames minces (mont Momy). Enfin, dans certains types, l'hypersthène prédomine sur le feldspath (Zoanlé) et il me semble probable, étant donnée l'irrégularité de la distribution de l'hypersthène dans les échantillons étudiés, que des recherches sur le terrain y feraient découvrir des hypersthénites dépourvues de feldspaths. Dans ces roches mésocrates, le pyroxène monoclinique est quelquefois associé à l'hy-

---

(1) Un échantillon provenant de Languira montre que cette série pétrographique existe aussi plus à l'Est, dans le nord du Baoulé; mais la plupart des autres roches recueillies par M. Chevalier, dans cette région, se rapportent à des types granitiques normaux.

(2) M. Chevalier signale, en effet, l'existence dans le granite de filons de diabase, « dont le trajet est jalonné à la surface par d'énormes blocs de cette roche arrondis et souvent entassés les uns sur les autres ». Il s'agit là de norites.

persthène sous forme de fines bandelettes; on rencontre en outre un peu de hornblende d'un brun verdâtre et de biotite.

Notons enfin que, dans toute la série, il existe une quantité variable d'apatite et de titanomagnétite. Les plagioclases varient, comme on vient de le voir, entre l'oligoclase-albite et l'andésine basique, mais les macles suivant la loi de l'albite sont toujours très fines et fréquemment associées à celle de la péricline, elle-même très polysynthétique. Dans tous les types quartzifères, l'orthose et les plagioclases renferment en très grande abondance ces inclusions incolores, fusiformes, disposées parallèlement, qui sont si abondantes dans les roches granitiques de l'Inde, dont il va être question plus loin. Enfin, les plages d'orthose sont souvent associées à des groupements de quartz vermiculé et de plagioclase (*myrmékite*).

La structure de toutes ces roches est granulitique : quelques-unes d'entre elles (les norites quartzifères en particulier) sont un peu rubanées (montagne de Oua, près Danané; environs de Zoanlé) par concentration des éléments colorés dans des lits distincts. Des actions mécaniques puissantes ont imprimé leur marque dans beaucoup d'échantillons; celle-ci varie depuis de simples extinctions roulantes dans le quartz jusqu'à la structure cataclastique (avec orientation des débris), ne laissant aucun élément intact.

J'ai prié M. Pisani de faire les analyses de quatre échantillons représentant les termes les plus caractéristiques de la série : ils proviennent tous du pays des Dans :

a, granite pauvre en hypersthène (mont Gibon);
b, granite à hypersthène, sans biotite (pied du mont Zan, près Zagoué);
c, norite à pyroxène monoclinique (entrée de la grotte du mont Momy;
d, norite très riche en hypersthène (village de Zoanlé).

Je fais suivre ces données de quelques-uns des paramètres magmatiques correspondants :

	a.	*b*.	*c*.	*d*.
SiO^2	71,80	59,50	53,50	54,33
Al^2O^3	14,90	18,71	15,20	11,43
Fe^2O^3	1,10	2,32	5,40	6,10
FeO	1,08	3,96	6,93	7,47
MgO	0,39	3,49	4,95	11,70
CaO	2,20	5,10	5,60	4,25
Na^2O	4,17	3,82	4,35	3,52
K^2O	4,11	1,18	0,95	0,59
TiO^2	0,26	1,68	2,25	0,13
P^2O^5	»	0,07	0,09	0,06
Perte au feu	0,60	0,60	0,50	0,60
	100,61	100,43	99,72	100,18

	a.	*b.*	*c.*	*d.*
x	4,2	15,3	32,6	49,9
Φ	3,1	3,2	2,8	3,2
r	1	0,3	0,2	0,17
Ψ	5,6	1,8	2,3	1,2
U	1,0	1,2	2,2	3,2
An. total pour 100.	13	38	31	27
An. du plagioclase.	21	43	32	32

Dans la classification chimico-minéralogique, ces roches correspondent : *a*, à la *toscanose* (I. 4. 2. 3); *b*, à la *tonalose* (II. 4. 2. 3); *c* et *d*, à la *beerbachose* (III. 5. 3. 5).

La caractéristique de la série réside dans la teneur en fer et en magnésie élevée pour des roches relativement riches en silice et variant en sens inverse de celle-ci ; dans le peu de variation de la soude, alors que la potasse diminue très rapidement, en même temps que la silice, ce qui explique la prédominance des plagioclases sur l'orthose, même dans des types encore relativement très quartzifères; enfin dans des variations relativement peu considérables de la teneur en chaux; celle-ci est presque toujours entièrement feldspathisée, ce qui, grâce à la richesse en fer et en magnésie, entraîne la constance de l'hypersthène. Le calcul de la composition du plagioclase théorique fournit comme extrêmes 21 et 43 pour 100 d'anorthite, nombres qui sont conformes aux résultats de l'examen optique.

Le très grand intérêt de cette série pétrographique réside dans ce qu'elle appartient à une famille jusqu'ici assez rare et sur laquelle tout récemment M. Rosenbusch a appelé l'attention, en émettant l'hypothèse qu'elle constitue peut-être un groupement parallèle à ceux des roches alcalines et des roches alcalinocalciques, auxquels est rapporté aujourd'hui l'ensemble des roches éruptives. Les trois principales régions dans lesquelles ces roches sont actuellement connues sont l'Inde, où elles ont été décrites par M. Holland sous la dénomination compréhensive de *charnockite*, puis le sud de la Norvège (série : granite à hypersthène-adamellite-mangérite-anorthosite, décrite par MM. Vogt et Kolderup), enfin le Canada et les monts Adirondacks.

C'est de la série de la *charnockite* que les roches de la Côte d'Ivoire doivent être rapprochées d'une façon plus particulière. Il sera intéressant de rechercher ultérieurement les relations magmatiques pouvant exister entre cette série et les harzburgites, norites et diabases souvent hypersthéniques, que j'ai signalées antérieurement dans de nombreux points de la Guinée et sur la côte de Sierra Leone.

En terminant cette Note, je signalerai, dans le Haut-Baoulé, entre Dialacora et Buandougou, une autre roche remarquable d'une tout autre nature. Il s'agit en effet d'un granite rose essentiellement constitué par du microcline, de l'albite, une amphibole sodique spéciale et quelques autres minéraux que j'étudie actuellement. L'existence d'un petit îlot de granite alcalin, au milieu de granites de composition très différente, est à comparer à celle qui a été signalée par M. H. Hubert à Fita, dans le Dahomey.

M. **Bornet** fait hommage à l'Académie d'une *Collection de dessins publiés ou inédits, exécutés entre* 1854 *et* 1873 *par* Alfred Riocreux, *sous la direction de* Gustave Thuret, et d'un Ouvrage intitulé :

Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames, par Gustave Thuret.

On lit sur la page de garde de ce Volume :

Exemplaire unique, renfermant deux séries de figures, les unes en noir avant la lettre, les autres colorées par Riocreux d'après les dessins originaux.

Gustave Thuret.

M. le **Président** exprime à M. Bornet la gratitude de l'Académie à l'occasion de ce nouveau don. Les Ouvrages seront déposés à la Bibliothèque de l'Institut.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

Sur les courbes conjuguées dans le déplacement relatif le plus général de deux corps, par M. **G. Kœnigs**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. G. Darboux, H. Poincaré, G. Humbert.)

Dans le Tome CXLIV des *Comptes rendus* j'ai traité, en plusieurs Notes, la question des courbes (e) solidaires d'un corps solide S, qui, au cours d'un mouvement de ce corps par rapport à un second S′, restent tangentes à une courbe (e') solidaire de S′. Je suis revenu depuis sur cette question et, dans un travail que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, j'ai développé l'étude des questions géométriques que ces premières recherches avaient soulevées.

En premier lieu, l'étude détaillée de la correspondance cubique, birationnelle et réciproque qui lie un point et son associé.

En second lieu, l'introduction d'un trièdre de référence mobile T constitué par l'axe Oz du mouvement hélicoïdal, la normale Oy au point central O commun aux deux surfaces réglées (Φ), (Φ') qui *virent* l'une sur l'autre et l'axe Ox normal à Oy et à Oz, suggère de traiter le problème des courbes douées d'enveloppe en considérant un point M mobile par rapport au trièdre T et tel que ses lieux dans les corps S et S′ soient les deux courbes conjuguées (e), (e'). Le lieu de ce point par rapport au trièdre T est une courbe (ε) que, par extension d'une locution usitée dans la pratique des engrenages, j'appelle la *courbe d'engrènement*. Je montre que la détermination des courbes d'engrènement n'exige que des quadratures.

Dans certains cas même, comme dans celui qui est réalisé par l'engrenage de Belanger, ces quadratures elles-mêmes disparaissent.

Les équations différentielles des courbes d'engrènement contiennent une fonction arbitraire μ. Je fais voir que, si l'on prend tous les points mobiles M qui correspondent à une même détermination de μ, ces points constituent un solide S_μ dont tous les points décrivent dans S et S′ des couples de courbes conjuguées (e), (e'). Il y a même plus. De même qu'il y a des courbes douées d'enveloppe, il y a aussi des développables ξ qui ont pour profils conjugués des développables ξ' qu'elles touchent à chaque instant suivant une génératrice. Ces couples de développables conjuguées s'engendrent de même en déplaçant dans S et dans S′ un plan Π solidaire d'un des corps auxiliaires désignés par S_μ.

On conçoit qu'il me soit difficile, dans les limites qui me sont imposées, de rendre compte de la multiplicité des relations que font naître les notions précédentes. J'insisterai ici sur les plus importantes.

Dans mes Notes antérieures, j'ai défini dans le corps S le cône des vitesses Γ_P, lieu des droites qui portent, au cours du mouvement, les vitesses d'un point P de ce corps. Il y a lieu d'introduire aussi la courbe (C_π) située dans un plan Π et qui est l'enveloppe des caractéristiques d'entraînement de ce plan. Ce cône et cette courbe sont ceux qu'on rencontrerait dans les définitions des surfaces intégrales I tangentes en tous leurs points au cône des vitesses : le cône intervenant pour définir ces surfaces par une propriété de leurs plans tangents et, suivant une notion introduite par M. Darboux dans son Mémoire *Sur les solutions singulières*, la courbe intervenant pour définir les surfaces par une propriété de leur point de contact. Les courbes (e) douées d'enveloppe sont les courbes intégrales ; les développables douées d'enveloppe sont les développables intégrales.

Cependant un fait curieux se produit ici. *A titre exceptionnel* est *courbe intégrale* toute hélice qui a pour axe et *pas* l'axe et le pas d'un mouvement hélicoïdal tangent; et de même les hélicoïdes qui ont ces hélices pour arêtes sont des développables intégrales *exceptionnelles*.

Sur toute surface (F) il y a en général deux familles remarquables de courbes : 1° les courbes (γ) de contact avec le profil conjugué (F'); 2° les lignes (e) douées d'enveloppe ou *lignes de glissement*. Il y a des surfaces pour lesquelles les lignes de glissement coïncident avec les courbes (γ) de contact; seulement les premières ne sont pas alors à proprement parler des courbes douées d'enveloppe, ce sont des hélices exceptionnelles.

Si en effet à toute époque t du mouvement on construit une hélice $\mathfrak{h}$ ayant pour axe et pas l'axe et le pas du mouvement hélicoïdal tangent, les lieux de cette hélice dans le corps S et dans le corps S' sont deux surfaces (F), (F') *qui se raccordent* à chaque instant le long de l'hélice commune.

Je me suis naturellement préoccupé aussi de la nature des surfaces intégrales I du cône de vitesses.

En premier lieu les normales à ces surfaces appartiennent au complexe qui est le lieu dans le corps S des normales stationnaires. Leurs profils conjugués sont les surfaces I' intégrales du cône des vitesses dans le corps S'.

Si l'on considère la courbe de contact (γ) de la surface I avec la surface I', on constate par une application d'un théorème de Lie, comme aussi par un raisonnement direct, que, tout du long de (γ), la surface I a un contact du second ordre avec l'hélicoïde qu'engendrerait (γ) au cours du mouvement hélicoïdal tangent.

Ce raisonnement s'appliquant aussi bien à la surface I', on arrive à cette conséquence :

Toute surface intégrale I *du cône des vitesses a un contact du second ordre tout du long de la courbe de contact* (γ) *avec son profil conjugué* I' *dans le corps* S', *et cela à chaque époque du mouvement.*

CORRESPONDANCE.

M. **Blaserna**, président de l'Académie Royale des Lincei, adresse à l'Académie une dépêche dans laquelle il exprime les regrets qu'inspire aux membres de la *Conférence internationale des Poids et Mesures* la mort de M. *Bouquet de la Grye*, qui présida ses séances au titre de Président de l'Académie des Sciences.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Sternkunde und Sterndienst in Babel, von Franz Xaver Kugler, S. J., II. Buch, I. Teil. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

MM. **Marbec**, **E. Nicolle** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la transformation de Ribaucour.* Note de M. **A. Demoulin**.

Nous rappellerons d'abord, en les complétant, divers résultats que nous avons indiqués dans notre Note du 31 juillet 1905 (t. CXLI, p. 302).

Soit (M_0) une surface rapportée au réseau (u, v) de ses lignes de courbure. Par un point variable M_0 de (M_0), faisons passer une sphère (S_3) tangente à (M_0) en ce point. L'enveloppe de la sphère (S_3) se compose de la surface (M_0) et d'une surface (M_1) qu'elle touche en un point M_1. Supposons la sphère (S_3) choisie de manière que les lignes de courbure se correspondent sur les surfaces (M_0) et (M_1); nous dirons alors que ces surfaces se correspondent dans une transformation de Ribaucour. Par les points M_0 et M_1, faisons passer deux sphères (S_1), (S_2) respectivement normales, en M_0 et M_1, aux lignes de courbure $v = \text{const.}$, $u = \text{const.}$ Soient enfin (S_4) et (S_5) deux sphères orthogonales entre elles et aux précédentes. L'ensemble des cinq sphères $(S_1), \ldots, (S_5)$ sera pris comme figure de référence mobile et admettra vingt rotations $p, q, r, \ldots, \lambda_1, \mu_1, \nu_1, \sigma_1$. Dix de ces rotations sont nulles; on peut en outre annuler σ et σ_1 en choisissant la sphère (S_4) de manière que ses points caractéristiques appartiennent au cercle d'intersection des sphères (S_1) et (S_2); les huit rotations non généralement nulles satisfont au système (A) de notre Note du 31 juillet 1905. Si l'on pose

$$\xi + i\lambda = A, \qquad \eta_1 + i\mu_1 = C, \qquad \xi - i\lambda = A_1, \qquad \eta_1 - i\mu_1 = C_1,$$

ce système s'écrit

$$(A)\quad \begin{cases} r = -\dfrac{\dfrac{\partial A}{\partial v}}{C} = -\dfrac{\dfrac{\partial A_1}{\partial v}}{C}, \qquad r_1 = \dfrac{\dfrac{\partial C}{\partial u}}{A} = \dfrac{\dfrac{\partial C_1}{\partial u}}{A_1}, \\ \dfrac{\partial q}{\partial v} = rp_1, \qquad \dfrac{\partial p_1}{\partial u} = -r_1 q, \qquad \dfrac{\partial r}{\partial v} - \dfrac{\partial r_1}{\partial u} = -qp_1 + \dfrac{1}{2}(AC_1 + A_1C). \end{cases}$$

Les éléments linéaires des surfaces (M_0) et (M_1) ont pour expressions

$$ds_0^2 = (a_4 + ia_5)^{-2}(A^2\,du^2 + C^2\,dv^2), \qquad ds_1^2 = (a_4 - ia_5)^{-2}(A_1^2\,du^2 + C_1^2\,dv^2),$$

a_i désignant l'inverse du rayon de la sphère (S_i).

Soit $d\varrho$ l'angle de la sphère (S_3) et de la sphère analogue qui correspond aux valeurs $(u + du,\ v + dv)$ des paramètres u, v. On a

$$d\varrho^2 = q^2\,du^2 + p_1^2\,dv^2.$$

Les R des sphères principales des surfaces (M_0) et (M_1) ont pour valeurs

$$R' = -\frac{A}{q}, \qquad R'' = \frac{C}{p_1}; \qquad R'_1 = -\frac{A_1}{q}, \qquad R''_1 = \frac{C_1}{p_1}.$$

En tenant compte du système (A), on déduit de ces relations les suivantes :

$$\frac{\partial \log A}{\partial v} = -\frac{\dfrac{\partial}{\partial v}\dfrac{1}{R'}}{\dfrac{1}{R'} - \dfrac{1}{R''}}, \qquad \frac{\partial \log C}{\partial u} = \frac{\dfrac{\partial}{\partial u}\dfrac{1}{R''}}{\dfrac{1}{R'} - \dfrac{1}{R''}};$$

$$\frac{\partial \log p_1}{\partial v} = -\frac{\dfrac{\partial}{\partial v}\dfrac{1}{R'_1}}{\dfrac{1}{R'_1} - \dfrac{1}{R''_1}}, \qquad \frac{\partial \log C_1}{\partial u} = \frac{\dfrac{\partial}{\partial u}\dfrac{1}{R''_1}}{\dfrac{1}{R'_1} - \dfrac{1}{R''_1}},$$

$$\frac{\partial \log q}{\partial v} = -\frac{\dfrac{\partial R'}{\partial v}}{R' - R''} = -\frac{\dfrac{\partial R'_1}{\partial v}}{R'_1 - R''_1}, \qquad \frac{\partial \log p_1}{\partial u} = \frac{\dfrac{\partial R''}{\partial u}}{R' - R''} = \frac{\dfrac{\partial R''_1}{\partial u}}{R'_1 - R''_1}.$$

Soit (α, β) une solution du système

$$(1) \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial u} + R'\frac{\partial \beta}{\partial u} = 0, \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial v} + R''\frac{\beta}{\partial v} = 0.$$

L'enveloppe de la sphère (Σ_0) définie par l'équation

$$\alpha x_3 - \beta(x_4 + ix_5) = 0$$

se compose de la surface (M_0) qu'elle touche en M_0 et d'une surface (M_2) qu'elle touche en M_2. *Sur les surfaces* (M_0) *et* (M_2), *les lignes de courbure se correspondent.* On obtient ainsi toutes les surfaces qui correspondent à (M_0) dans des transformations de Ribaucour. Les coordonnées $(x_1, \ldots, x_5)$ du point M_2 ont pour valeurs

$$x_1 = \frac{\dfrac{\partial \alpha}{\partial u}}{A}, \qquad x_2 = \frac{\dfrac{\partial \alpha}{\partial v}}{C}, \qquad x_3 = \beta, \qquad x_4 + ix_5 = \alpha, \qquad x_4 - ix_5 = \beta,$$

θ étant définie par l'égalité

$$\left(\frac{\frac{\partial\alpha}{\partial u}}{A}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial\alpha}{\partial v}}{C}\right)^2 + \beta^2 + \alpha\theta = 0 \quad (^1).$$

L'élément linéaire de la surface (M_3) est donné par la relation

$$\left(\frac{\sum_1^5 a_i x_i}{\alpha}\right)^2 ds_2^2 = \left(A_1 - A\frac{\frac{\partial\theta}{\partial u}}{\frac{\partial\alpha}{\partial u}}\right)^2 du^2 + \left(C_1 - C\frac{\frac{\partial\theta}{\partial v}}{\frac{\partial\alpha}{\partial v}}\right) dv^2.$$

Si l'on élimine successivement α et β entre les équations (1), on trouve

$$(2) \quad \frac{\partial^2\beta}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial \log q}{\partial v}\frac{\partial\beta}{\partial u} + \frac{\partial \log p_1}{\partial v}\frac{\partial\beta}{\partial v}, \qquad \frac{\partial^2\alpha}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial \log A}{\partial v}\frac{\partial\alpha}{\partial u} + \frac{\partial \log C}{\partial u}\frac{\partial\alpha}{\partial v}.$$

On peut définir pareillement les surfaces qui correspondent à (M_1) dans des transformations de Ribaucour. Soit (α', β') une solution du système

$$(3) \qquad \frac{\partial\alpha'}{\partial u} + R_1'\frac{\partial\beta'}{\partial u} = 0, \qquad \frac{\partial\alpha'}{\partial v} + R_1''\frac{\partial\beta'}{\partial v} = 0.$$

L'enveloppe de la sphère (Σ_1) définie par l'équation

$$\alpha' x_3 - \beta'(x_4 - i x_5) = 0$$

se compose de la surface (M_1) qu'elle touche en M_1 et d'une surface (M_3) qu'elle touche en M_3. *Sur les surfaces* (M_1) *et* (M_3), *les lignes de courbure se correspondent*. Les coordonnées $(x_1', \ldots, x_5')$ du point M_3 ont pour valeurs

$$x_1' = \frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial u}}{A_1}, \qquad x_2' = \frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial v}}{C_1}, \qquad x_3' = \beta', \qquad x_4' - i x_5' = \alpha_1', \qquad x_4' + i x_5' = \theta',$$

---

(1) On peut encore définir comme il suit les coordonnées $(x_1, \ldots, x_5)$. x_1 et x_2 constituent une solution du système $\frac{\partial x_1}{\partial v} = r_1 x_2$, $\frac{\partial x_2}{\partial u} = -r x_1$. Les deux systèmes $\frac{\partial x_3}{\partial u} = q x_1$, $\frac{\partial x_3}{\partial v} = -p_1 x_2$; $\frac{\partial\alpha}{\partial u} = A x_1$, $\frac{\partial\alpha}{\partial v} = C x_2$ donnent ensuite x_3 et α par des quadratures. Si l'on détermine enfin θ par l'égalité $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \alpha\theta = 0$, on aura

$$x_4 + i x_5 = \alpha, \qquad x_4 - i x_5 = \theta.$$

θ étant définie par l'égalité

$$\left(\frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial u}}{A_1}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial v}}{C_1}\right)^2 + \beta'^2 + \alpha'\theta' = 0.$$

L'élément linéaire de la surface (M_3) est donné par la relation

$$\left(\frac{\sum_1^5 a_i x'_i}{\alpha'}\right)^2 ds_3^2 = \left(A - A_1 \frac{\frac{\partial\theta'}{\partial u}}{\frac{\partial\alpha'}{\partial u}}\right)^2 du^2 + \left(C - C_1 \frac{\frac{\partial\theta'}{\partial v}}{\frac{\partial\alpha'}{\partial v}}\right)^2 dv^2.$$

En éliminant successivement α' et β' entre les équations (3), on trouve

$$(4)\quad \frac{\partial^2\beta'}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial \log q}{\partial u}\frac{\partial\beta'}{\partial u} + \frac{\partial \log p_1}{\partial u}\frac{\partial\beta'}{\partial v}, \qquad \frac{\partial^2\alpha'}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial \log A_1}{\partial v}\frac{\partial\alpha'}{\partial u} + \frac{\partial \log C_1}{\partial u}\frac{\partial\alpha'}{\partial v}.$$

Ces formules sont susceptibles de diverses applications. Elles se prêtent notamment à l'étude de la transformation des surfaces isothermiques due à M. Darboux. Elles vont nous permettre d'établir et de compléter le théorème suivant que M. Bianchi a obtenu en appliquant la transformation de Lie à un théorème relatif aux congruences W :

Si (M_1) *et* (M_2) *sont deux surfaces déduites d'une surface* (M_0) *par l'application de transformations de Ribaucour, il existe une infinité simple de surfaces* (M_3) *qui correspondent à* (M_1) *et à* (M_2) *dans des transformations de Ribaucour.*

D'après les développements qui précèdent, il suffira de démontrer que l'on peut choisir la surface (M_3) de manière que cette surface corresponde à (M_2) dans une transformation de Ribaucour. Nous assujettirons le couple (α', β'), qui définit (M_3), à satisfaire aux égalités

$$(5)\qquad \frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial u}}{A_1} = \frac{\frac{\partial\alpha}{\partial u}}{A}, \qquad \frac{\frac{\partial\alpha'}{\partial v}}{C_1} = \frac{\frac{\partial\alpha}{\partial v}}{C}, \qquad \beta' = \beta.$$

Cela est toujours possible; en effet, la première équation (2) et la première équation (4) étant identiques, on peut poser $\beta' = \beta$; ensuite, la comparaison des systèmes (1) et (3) fournit les deux premières équations (5). Les équations (5) peuvent s'écrire $x'_1 = x_1$, $x'_2 = x_2$, $x'_3 = x_3$; par suite, les points M_0, M_1, M_2, M_3 sont concycliques. Or, on démontre aisément le théorème suivant :

Deux sphères (U_1) *et* (U_2) *touchant une troisième sphère* (U_3) *en* A_1 *et* A_2,

si un cercle passant par A_1 *et* A_2 *coupe* (U_1) *et* (U_2) *en* B_1 *et* B_2, *il existe une sphère qui touche* (U_1) *et* (U_2) *en* B_1 *et* B_2.

Dès lors, il existe une sphère tangente aux sphères (Σ_0) et (Σ_1) en M_2 et M_3, et les surfaces (M_2), (M_3) se correspondent dans une transformation de Ribaucour.

Comme la fonction α' est définie par la quadrature

$$\alpha' = \int \frac{A_1}{A}\frac{\partial \alpha}{\partial u}du + \frac{C_1}{C}\frac{\partial \alpha}{\partial v}dv,$$

il y a une infinité de surfaces (Π_3) jouissant de la propriété indiquée, et le théorème de M. Bianchi est démontré.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Un problème sur les systèmes triples orthogonaux.* Note de M. **G. Tsitzéica.**

On doit à Ribaucour le théorème suivant : *Lorsqu'on connaît un système triple orthogonal, les cercles osculateurs aux courbes d'intersection des surfaces appartenant à deux des familles du système, aux points où ces courbes rencontrent une surface quelconque de la troisième famille, forment un système cyclique.* (Voir par exemple Darboux, *Théorie des surfaces*, 4e partie, p. 165.) On connaît d'autre part le lien qui existe entre un système cyclique et la déformation de la surface enveloppée par les plans des cercles, à savoir : il y a sur cette surface un réseau conjugué, déterminé par le système cyclique, et qui reste conjugué dans une seule ou dans ∞^1 déformations de la surface. Cela étant, il est tout naturel de chercher tous les systèmes orthogonaux dont les systèmes cycliques donnés par le théorème de Ribaucour conduisent *tous* à des réseaux persistant dans ∞^1 déformations.

J'ai complètement résolu le problème et je vais indiquer ici la marche générale de la solution et les résultats obtenus.

L'hypothèse géométrique que nous venons de faire se traduit par les relations suivantes :

$$(1)\qquad \frac{\partial^2}{\partial u_2 \partial u_3}\log\frac{\beta_{21}}{\beta_{31}} = 0, \qquad \frac{\partial^2}{\partial u_3 \partial u_1}\log\frac{\beta_{32}}{\beta_{12}} = 0, \qquad \frac{\partial^2}{\partial u_1 \partial u_2}\log\frac{\beta_{13}}{\beta_{23}} = 0,$$

où les β_{ik} sont les quantités

$$\beta_{ik} = \frac{1}{\Pi_i}\frac{\partial \Pi_k}{\partial u_i} \qquad (i \neq k;\ i, k = 1, 2, 3);$$

l'élément linéaire de l'espace étant

$$ds^2 = H_1^2\,du_1^2 + H_2^2\,du_2^2 + H_3^2\,du_3^2,$$

à l'aide des coordonnées curvilignes définies par le système orthogonal considéré.

Tout d'abord les égalités (1) prouvent que les systèmes orthogonaux que nous cherchons et que je désignerai par Ω jouissent de la propriété de rester des systèmes Ω après une transformation de *Combescure*.

Cela étant, il s'agit d'abord de déterminer les β_{ik} à l'aide des équations (1) et des neuf équations connues que vérifient les β_{ik} pour tout système orthogonal. Je transcris ici deux de ces équations :

$$\text{(B)} \qquad \frac{\partial \beta_{12}}{\partial u_3} = \beta_{13}\beta_{32},$$

$$\text{(B')} \qquad \frac{\partial \beta_{23}}{\partial u_2} + \frac{\partial \beta_{32}}{\partial u_3} + \beta_{12}\beta_{13} = 0;$$

il y a six équations du type (B) et trois équations du type (B'). Pour intégrer les douze équations (1), (B) et (B'), je donne à (1) à l'aide de (B) la forme

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \beta_{23}\dfrac{\partial}{\partial u_1}\left(\dfrac{\beta_{12}}{\beta_{13}}\right) = \beta_{13}\dfrac{\partial}{\partial u_2}\left(\dfrac{\beta_{21}}{\beta_{23}}\right), \qquad \beta_{31}\dfrac{\partial}{\partial u_2}\left(\dfrac{\beta_{23}}{\beta_{21}}\right) = \beta_{21}\dfrac{\partial}{\partial u_3}\left(\dfrac{\beta_{32}}{\beta_{31}}\right), \\ \qquad\qquad \beta_{12}\dfrac{\partial}{\partial u_3}\left(\dfrac{\beta_{31}}{\beta_{12}}\right) = \beta_{32}\dfrac{\partial}{\partial u_1}\left(\dfrac{\beta_{13}}{\beta_{12}}\right), \end{array} \right.$$

où il n'y a que trois dérivées essentiellement différentes. Je suppose que les β_{ik} sont toutes différentes de zéro. Je suis conduit alors à considérer deux cas, suivant que les dérivées précédentes sont nulles ou différentes de zéro.

I. Dans le premier cas, un calcul simple montre qu'on peut poser

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{lll} \beta_{12} = hP_1, & \beta_{23} = hP_2, & \beta_{31} = hP_3; \\ \beta_{13} = hQ_1, & \beta_{21} = hQ_2, & \beta_{32} = hQ_3; \end{array} \right.$$

h, P_i, Q_i étant des fonctions inconnues, la première pouvant dépendre des trois variables u_1, u_2, u_3, les autres ne dépendant pas de u_i, et il faudra déterminer ces fonctions de manière que les (B) et (B') soient vérifiées. L'étude des équations obtenues montre qu'il faut décomposer ce cas I de notre problème en deux autres, suivant que $P_1P_2P_3 - Q_1Q_2Q_3 = 0$ ou $\neq 0$.

a. Dans le cas $P_1P_2P_3 - Q_1Q_2Q_3 = 0$ on trouve, après des calculs assez longs, pour h, P_i, Q_i les valeurs suivantes :

$$h = -\frac{m\sqrt{c_1c_2c_3}}{c_1 + c_2 + c_3}, \qquad P_1 = \frac{1}{m}\frac{c_2}{c_2\sqrt{c_3}}, \qquad Q_1 = \frac{1}{m}\frac{c_3}{c_3\sqrt{c_2}}, \qquad \ldots,$$

où m est une constante, c_i une fonction de u_i seulement et c'_i la dérivée de c_i. En formant les β_{ik} à l'aide de (3), on constate qu'elles sont vérifiées si l'on prend

$$H_i = \frac{c'_i}{\sqrt{c_i(c_1+c_2+c_3)}}.$$

Le système orthogonal correspondant est composé, dans chaque famille, de sphères passant par un point fixe. Le système Ω le plus général est, dans ce cas, le transformé de celui-ci par une transformation de Combescure.

b. Le cas $P_1P_2P_3 - Q_1Q_2Q_3 \neq 0$ est plus difficile à étudier. On trouve

$$\beta_{12} = -\frac{1}{k}(e^{u_1}+e^{-u_1}), \qquad \beta_{13} = \frac{1}{k}(e^{u_2}-e^{-u_2}),$$

les autres β se déduisant de celles-ci par des permutations circulaires sur les indices, k étant donné par

$$k = (e^{u_1}+e^{-u_1})(e^{u_2}+e^{-u_2})(e^{u_3}+e^{-u_3}) + (e^{u_1}-e^{-u_1})(e^{u_2}-e^{-u_2})(e^{u_3}-e^{-u_3}).$$

On vérifie aisément qu'on peut prendre

$$H_1 = \frac{e^{u_2}+e^{-u_2}}{k}, \qquad H_2 = -\frac{e^{u_1}-e^{-u_1}}{k}, \qquad H_3 = \frac{1}{4k}\frac{\partial k}{\partial u_3},$$

et que le système correspondant se compose, pour la famille $u_3 = \text{const.}$, de sphères ayant toutes le même rayon.

II. En supposant maintenant que les dérivées figurant dans (2) sont toutes différentes de zéro et en multipliant ces équations membre à membre, on obtient

$$\beta_{12}\beta_{23}\beta_{31} = -\beta_{13}\beta_{32}\beta_{21}.$$

On déduit de là, des équations (1) et des équations (B), qu'on peut poser

$$\beta_{12} = -Q_3 e^{R_1-R_2}, \qquad \beta_{13} = Q_2 e^{R_1-R_3}, \qquad \ldots;$$

les Q_i et R_i étant des fonctions ne dépendant pas de u_i, les autres β se déduisant des précédentes par des permutations circulaires sur les indices.

En écrivant que ces valeurs des β_{ik} vérifient le système (B), on trouve

$$Q_1^2 = \frac{\partial}{\partial u_2}(R_1-R_3)\frac{\partial}{\partial u_3}(R_2-R_1)$$

et des expressions analogues pour Q_2^2 et Q_3^2. Si l'on exprime que ces valeurs de Q_i^2 ne dépendent pas de u_i, on trouve

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 R_1}{\partial u_2\,\partial u_3}\cdot\frac{\partial}{\partial u_1}(R_3-R_2) = \frac{\partial^2 R_2}{\partial u_3\,\partial u_1}\cdot\frac{\partial}{\partial u_2}(R_1-R_3) = \frac{\partial^2 R_3}{\partial u_1\,\partial u_2}\cdot\frac{\partial}{\partial u_3}(R_2-R_1).$$

équations rencontrées aussi par M. Darboux dans un problème différent (*Leçons sur les systèmes orthogonaux*, t. I, p. 228). En utilisant la méthode donnée par M. Darboux, j'ai trouvé, dans le cas actuel, les résultats suivants : En faisant abstraction d'une transformation de Combescure, il n'y a comme système Ω dans ce cas que le système orthogonal imaginaire de Combescure (voir Darboux, *Syst. orth.*, p. 272) et le système formé par les quadriques homofocales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions analytiques uniformes à singularités discontinues non isolées.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Painlevé.

Dans la séance du 6 décembre dernier, M. Pompéiu a communiqué divers résultats relatifs aux fonctions uniformes possédant un ensemble parfait discontinu de singularités. Posons

$$I = \int_C F(z)\,dz, \qquad J = \int_\Gamma F(u)\,du. \qquad F_{-1}(z) = \int_{z_0}^{z} F(z)\,dz.$$

C désigne un contour quelconque évitant les points singuliers ζ; Γ désigne un contour absolument arbitraire pouvant contenir des points ζ. Enfin, en z_0 et z, $F(z)$ est supposée holomorphe.

M. Pompéiu envisage celles de ces fonctions F telles que toutes les intégrales I sont nulles. Ceci équivaut évidemment à supposer *l'uniformité* de $F_{-1}(z)$. Car le prolongement analytique de F_{-1} se fait en prenant tous les chemins d'intégration possibles évitant les points ζ. Donc, dire que I est toujours nul si le contour C évite ζ, c'est dire que F_{-1} est uniforme. Donc, les fonctions étudiées par M. Pompéiu sont simplement *des dérivées de fonctions uniformes possédant un ensemble parfait discontinu de singularités*, l'ensemble E des points ζ. Les propriétés de ces dérivées ont été énoncées déjà, en particulier dans mes Notes des 26 juillet et 9 août derniers. Si l'ensemble E a une longueur finie, non nulle, F ne peut pas être bornée (δ étant la distance de z à l'ensemble E, il serait peut-être possible de montrer que $F\delta$ ne peut pas être infiniment petit au voisinage de E). Si E a une aire nulle et une longueur infinie, j'admets volontiers (parce que je crois que

[1] Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

la *sinuosité* d'un ensemble d'aire nulle est nulle) que F ne peut pas être bornée (ni, sans doute, partout infiniment petite relativement à $\log \delta^{-1}$).

Mais, où je ne juge plus possible d'accepter sans réserves l'opinion de M. Pompéiu, qui fut celle de tous les auteurs, et la mienne (quand je croyais que deux points, infiniment voisins à vol d'oiseau, l'étaient aussi, et au même ordre près, par un chemin extérieur à l'ensemble), c'est dans le cas où l'aire de E n'est pas nulle. Cette opinion s'exprime ainsi :

Si $F(z)$ est une fonction partout continue, partout analytique, sauf sur E, il est impossible que F soit, en dehors de E, la dérivée d'une fonction uniforme.

Il est d'abord indiscutable que si la nullité de toutes les intégrales I entraîne celle des intégrales J, prises le long d'un contour Γ pouvant contenir des points ζ, comme l'intégrale qui donne $F_{-1}(z)$ se trouve être indépendante du chemin d'intégration, absolument arbitraire, comme le nombre $F_{-1}(z)$ est une fonction admettant en tout point pour dérivée $F(z)$ (à cause de la continuité de F), alors, cette fonction de z admet dans tout le plan une dérivée (continue, par surcroît). Elle est holomorphe partout. Il y a contradiction.

Mais je ne crois pas, malgré l'affirmation de M. Pompéiu, qu'il soit possible de montrer que la nullité de tous les I entraîne celle de tous les J, *quel que soit l'ensemble* E, même si la sinuosité est infinie. Au contraire, si la sinuosité de E est nulle, il est possible de trouver une famille de contours C tendant vers Γ, et tels que la longueur de C tende vers celle de Γ. Alors, $I = 0$ entraîne $J = 0$; F ne peut pas être continue. Pareillement, si la sinuosité est finie. On peut alors supposer que la longueur de C reste finie, quand C tend vers Γ. F ne peut pas être continue. Il serait intéressant de connaître le raisonnement par lequel M. Pompéiu a pu s'affranchir de la considération de la sinuosité. Tant que la discontinuité nécessaire de F n'aura pas été démontrée, les résultats suivants que j'ai établis garderont leur intérêt.

Supposons que nous entourions les points de E par une famille φ_n d'un certain nombre n de contours c_n. Soient l_n, r_n la longueur et la plus grande dimension de l'un des contours c_n. Supposons que, n croissant indéfiniment, la famille φ_n tende vers E. Soit S_1^n la somme des produits $l_n r_n^p$ relatifs à une même famille φ_n. Le développement en fractions rationnelles d'une fonction $F_1^n = \Phi$, singulière sur E, uniforme, et de ses dérivées, montre que, les φ_n étant convenablement choisis :

1° Si S_1^n reste borné, quand n croît indéfiniment (il y aurait lieu de

chercher si ceci n'équivaut pas *a priori* à une sinuosité bornée), la fonction F qui coïncide avec Φ' en dehors de E ne peut pas être partout continue.

2° Si S_2'' reste bornée, la fonction F_1 qui coïncide avec Φ'' hors de E ne peut pas être continue, etc.

Mais les procédés que j'ai donnés dans ma Note du 6 décembre permettent d'obtenir des ensembles pour lesquels S_p^n est non borné pour n infini, quel que soit p fixe. Pour de tels ensembles, est-il possible d'admettre qu'il existe une famille de fonctions $F_1, F_2, \ldots, F_n(z), \ldots$, telles que : 1° $F_n(z)$ est une fonction de z partout continue; 2° en tout point extérieur à E, F_n est analytique et est la dérivée de F_{n-1}; 3° F_n admet tous les points de E pour points singuliers? Je n'ose l'affirmer, mais je crois que le contraire est encore à prouver.

D'ailleurs, comme je l'ai fait remarquer dans ma dernière Note, rien ne prouve que F_{-1} soit bornée, ni *a fortiori* $F_{-2}, \ldots, F_{-p}$. Peut-on affirmer que ces fonctions cessent, à partir d'une certaine valeur de p, d'êtres uniformes? Je ne saurais répondre.

On voit quel intérêt il y aurait à démontrer un théorème tel que le suivant : *Les singularités d'une fonction uniforme intégrale d'une équation différentielle algébrique ne peuvent former un ensemble discontinu de sinuosité infinie.*

J'ai démontré au sujet des ensembles parfaits le théorème général suivant : *Si la distance à* E *de tous les points des contours* c_n *est comprise entre* $K\varepsilon_n$ *et* $K'\varepsilon_n$ (K *et* K' *positifs fixes*), *la longueur totale* L_n *des contours* c_n *peut être supposée telle que* $L_n\varepsilon_n$ *tende vers zéro avec* ε_n.

Ceci permet de démontrer que *toute fonction continue dans tout le plan, holomorphe hors d'un ensemble* E, *est développable en série de fraction rationnelle à pôles simples* choisis sur E indépendamment de la fonction.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *De la compression d'air adiabatique appliquée à un véhicule mû par un moteur à explosion pour remplacer les transmissions mécaniques.* Note [1] de M. **Camille Hautier**, présentée par M. d'Arsonval.

Si l'on comprime adiabatiquement un certain poids d'air, 1^{kg} par exemple, à la pression de 100^{atm}, et qu'on fasse détendre aussitôt cet air jusqu'à la pression atmosphérique sans perte de chaleur extérieure (*fig.* 1), il rendra exactement le travail qu'il aura coûté, sauf celui absorbé par les frotte-

[1] Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

ments dans les appareils de compression et d'utilisation. Le rendement théorique sera donc égal à l'unité et il en sera de même pour toute autre pression de compression.

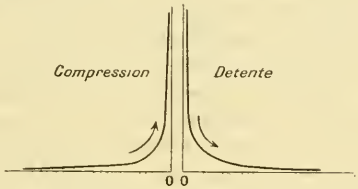


Fig. 1. — Diagrammes de compression et de détente adiabatique.

Le travail de 1^{kg} d'air sera mesuré comme celui de la détente par la formule connue : $T = 425 \times 0,17\ (t - t')$ où t est la température absolue de l'air à la fin de la compression et t' la température absolue à l'aspiration comme à la fin de la détente, le terme entre parenthèses représentant ainsi la chaleur produite ou utilisée dont on sait que chaque unité ou calorie équivaut à 425^{kgm}. Que l'on comprime l'air adiabatiquement ou isothermiquement, la compression dégage toujours une quantité de chaleur proportionnelle au travail de compression.

Jusqu'ici, cette chaleur était entièrement perdue, de sorte qu'on s'efforçait de se rapprocher d'une compression entièrement isothermique pour réduire le travail à dépenser.

Or, si l'on comprime isothermiquement 1^{m^3} d'air, à 100^{atm}, on obtient un volume de 10^l, tandis que si la compression est adiabatique le volume d'air produit est de 38^l, soit 3,8 fois plus élevé. Les travaux dépensés sont, d'autre part, dans le rapport de 0,371 cheval-heure (compression adiabatique) à 0,176 cheval-heure (compression isothermique), rapport égal à 2,1.

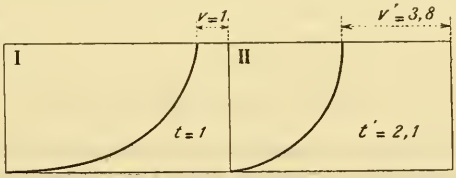


Fig. 2 et 3. — Compression isothermique et adiabatique : V, V' volumes; t, t' travaux.

Les diagrammes I et II des figures 2 et 3 représentent ces deux méthodes. On voit que le fonctionnement adiabatique est de beaucoup le plus avantageux, ce qui pouvait se concevoir, *a priori*, puisque dans cette méthode la

chaleur produite est utilisée, tandis qu'elle est totalement perdue dans la compression isothermique. En ramenant dans les deux cas le travail dépensé à 1, on trouve que le travail utilisé dans le fonctionnement adiabatique est égal à 1,81 fois celui utilisé dans le fonctionnement isothermique, soit une augmentation de 81 pour 100 par rapport à ce dernier.

Il faut voir dans la méthode isothermique les raisons qui ont limité l'application de l'air comprimé à la traction, aussi avons-nous appliqué l'air comprimé de la manière adiabatique, mais à basses pressions, à seule fin d'éviter les températures excessives telles qu'elles résulteraient d'une compression adiabatique à 100^{atm} et qui atteindrait 830° C.

Nous avons donc limité la pression maxima, dans notre application, à 15^{atm}, soit 363°: cet air arrive à l'appareil récepteur à cette même température, sauf la perte peu appréciable, due à la conductibilité des organes de production et d'utilisation pendant les quelques secondes qui s'écoulent entre sa compression et sa détente.

L'application de ce principe a été réalisée sur un véhicule automobile à pétrole, en vue de donner au couple moteur, sur la transmission, sans avoir recours aux appareils d'embrayage et de changement de vitesse généralement employés, une valeur égale à celle d'un moteur à vapeur.

On peut représenter la fonction de chacun de ces organes par les diagrammes de la figure 4.

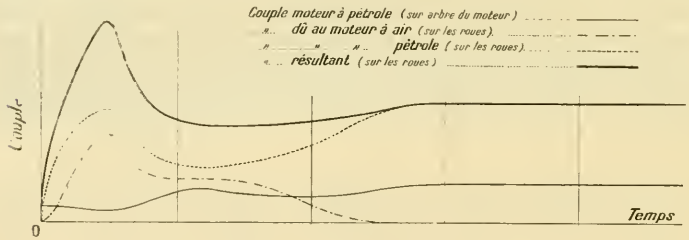


Fig. 4. — Démarrage normal d'un véhicule aérothermique.

Le moteur à pétrole attaque différentiellement par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal la transmission et un compresseur d'air. Le compresseur freine progressivement la couronne extérieure et force les satellites montés sur l'arbre de transmission à actionner cette dernière. L'air fourni par le compresseur est utilisé aussitôt sa production sur un moteur.

Le couple moteur sur le train épicycloïdal est presque constant; au démarrage le couple sur la transmission provenant des satellites est proportionnel à l'effort de

freinage sur la couronne, tandis que celui fourni par le moteur à air vient finalement contrebalancer le couple résistant.

Puis, à mesure que la vitesse s'accélère, le rôle de l'air devient de moins en moins important pour, enfin, devenir nul. Le véhicule n'est plus alors propulsé qu'en prise directe après être passé progressivement par toutes les vitesses intermédiaires entre le moment du démarrage et cette position dite *prise directe*.

Par l'adjonction d'une bouteille de réserve d'air ou accumulateur, un tel dispositif permet d'obtenir :

La mise en marche automatique ; la douceur de démarrage et la progressivité de la vapeur; une augmentation momentanée du couple moteur dans les démarrages et dans les rampes ; la marche arrière; l'application du moteur à explosions, sur rails, quelle que soit la valeur du couple résistant.

ANALYSE SPECTRALE. — *Sur la répartition des raies ultimes dans le spectre des diverses régions du Soleil.* Note de M. **A. de Gramont**, présentée par M. H. Deslandres.

Le spectre solaire et les spectres stellaires sont ordinairement assimilés ou comparés à des spectres d'arc, parfois même à des spectres de flammes très chaudes. Mais l'existence, dans les différentes régions du Soleil, des spectres de lignes de l'hydrogène et de l'hélium, exclusivement obtenus avec l'étincelle, montre bien que le spectre solaire comporte l'intervention de phénomènes électriques. Les études récentes des taches et la découverte par M. Hale du phénomène de Zeeman dans celles-ci confirment encore cette manière de voir. Je me permettrai de proposer ici, à titre d'hypothèse, une interprétation de ce fait que le spectre des éléments présents dans le Soleil paraît voisin d'un spectre d'arc, bien que sa production soit vraisemblablement due à des décharges électriques ou accompagnée de celles-ci. Si, dans le spectre de dissociation [1] d'un composé métallique ou d'un alliage, nous considérons l'ensemble des lignes d'un des constituants, et si nous constatons la présence de toutes les raies de son spectre d'étincelle, comprenant aussi celles de l'arc, nous dirons que sa *limite d'ap-*

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXI, 8 juillet 1895; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVII, 1909.

parition totale est atteinte ou dépassée. Si, au contraire, nous faisons décroître sa teneur au-dessous de cette limite, les raies spéciales à l'étincelle disparaîtront les premières, successivement. La quantité de l'élément considéré continuant à diminuer, on arrivera à une teneur où il ne sera plus représenté que par des raies de l'arc, puis seulement par les plus persistantes de celui-ci, et finalement par les raies de la flamme du chalumeau. J'ai observé cette décroissance régulière, avec un grand nombre d'alliages ou de minéraux, aussi bien que pour les raies des métaux que pour celles de certains métalloïdes, la teneur du corps décroissant ayant été parfois réduite jusqu'au millionième. Les raies les plus persistantes, les dernières à disparaître, sont donc communes aux différentes sources de spectres; ces *raies ultimes* (¹) subsistent avec l'emploi d'une forte self-induction (0,1 henry). Si maintenant, à titre d'hypothèse, nous appliquons au Soleil les résultats précédemment énoncés, nous pourrons nous expliquer ainsi, d'une part, que les raies ultimes se trouvent dans toutes les régions solaires, depuis les taches jusqu'aux parties très élevées de la chromosphère; d'autre part, que les raies de l'étincelle accompagnent celles de l'arc dans le spectre des taches, régions basses et présumées correspondre à une abondance de vapeurs métalliques denses où l'on se rapprocherait de la limite d'apparition totale.

Mais dans les régions les plus hautes de la chromosphère, aux quelques raies ultimes qui s'y manifestent, viennent s'ajouter un très petit nombre de raies de l'étincelle, les *enhanced lines* ou raies renforcées que Sir Norman Lockyer attribue aux *proto-éléments* résultant de la dissociation des corps simples. Nous pourrons leur donner cette signification chaque fois que nous les rencontrerons séparées de l'ensemble du spectre auquel elles appartiennent. Elles correspondraient, au contraire, à une forte teneur de l'élément ordinaire non dissocié, lorsqu'elles se trouveraient comprises dans le spectre complet de celui-ci, où leur présence indiquerait que la limite d'apparition totale a été atteinte. On trouverait donc, dans les zones élevées de la chromosphère, à la fois des vapeurs très raréfiées de l'élément intégral, et les produits de décomposition commençante de celui-ci. En résumé, cette hypothèse revient à supposer que les spectres des diverses régions du Soleil sont des spectres de dissociation et que leurs différences sont dues principalement à la variation des proportions des éléments en présence. On pourrait même espérer en tirer des indications quantitatives, portant, tout-

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLIV, 21 mai 1907; t. CXLV, 22 juillet 1907.

au moins, sur l'ordre de grandeur des teneurs relatives des substances qui constituent les parties extérieures du Soleil.

		Hauteur.	
		Lockyer.	Mitchell.
Potassium	4047,4		
»	4044,4		
Rubidium (?)	4202,0		
Magnésium (*b*)	5183,8*	3″,2	
»	3838,5	4,4	
Calcium (H)	3968,6		
» (K)	3933,8*	13	
Strontium	4215,7	6	4″
»	4077,9*	6	4
Baryum	5535,3		
»	4554,2*		2,5
Scandium (1)	4247,0	4	2,5
»	3613,9*		
Aluminium	3961,7*	3,2	
»	3944,2	3,2	
Silicium	3905,7		
Titane	3761,5	3,6	
Plomb	4058,0*		
»	3683,6		
Vanadium	4408,5		
Chrome	5208,7		
»	4254,5*		2,5
Manganèse	4033,2		
»	4030,9	2,4	
Fer	4383,7		
»	4045,9	2,4	
Nickel	3858,5		
»	3807,3		
»	3619,5*		
Cobalt	4121,5		
»	4118,9		

Quant aux spectres des métalloïdes qui n'ont pas été reconnus dans le Soleil, et ne donnent pas de spectre d'arc, du moins dans la partie accessible aux observations astronomiques, il n'y a lieu d'en conclure, ni que ces éléments sont étrangers au Soleil, ni que le spectre de celui-ci doive être assimilé à un spectre d'arc. J'ai, en effet, montré récemment (2) que les raies de grande sensibilité et les raies ultimes de plusieurs de ces métalloïdes,

(1) D'après les travaux de Crookes, et sans vérification de ma part.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 18 juin 1908.

tellure, phosphore, arsenic, antimoine, bore, sont situées dans la partie de l'ultra-violet absorbée par l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire plus réfrangible que λ 2920 environ. C'est dans cette région que se trouvent aussi les raies sensibles de l'or et notamment ses ultimes : 2676,0; 2428,1; c'est pourquoi il a été considéré comme étranger au Soleil.

Les raies ultimes que j'ai déjà antérieurement données ici pour un certain nombre d'éléments avaient été établies par rapport à l'ensemble du spectre visible et ultra-violet. Mais le champ de la spectroscopie astronomique est restreint non seulement par l'absorption atmosphérique, mais aussi le plus souvent, d'une part, par la matière des instruments employés, télescopes à miroir argenté, ou lunettes et spectrographes à partie optique en flint, et, d'autre part, par la sensibilité des plaques photographiques courantes. J'ai donc été amené à dresser, à peu près dans ces limites et avec un spectrographe en flint, le Tableau (voir p. 39) des raies les plus persistantes et les plus sensibles; il pourra servir pour les recherches chimiques dans les laboratoires ne possédant pas de spectrographes de quartz. On y trouvera d'ailleurs pour les métaux alcalins et alcalino-terreux, le plomb et l'aluminium, les raies ultimes vraies pour tout le spectre. Lorsqu'une raie est notablement plus persistante que les autres pour un élément donné, sa longueur d'onde y est accompagnée du signe *.

Les secondes d'arc mesurent le maximum de hauteur des raies dans le *spectre éclair* d'après Lockyer (éclipses de 1898 et de 1900) et de Mitchell (éclipse de 1901). Sauf celles du potassium et du rubidium, toutes les raies du Tableau appartiennent à la chromosphère [Evershed, *Éclipses de* 1900 (*Phil. trans.*, t. CCI); Dyson, *Éclipses de* 1900, 1901, 1905 (*Phil. trans.*, t. CCVI)]. Je signalerai l'intérêt qu'il y aurait à rechercher, avec un matériel peu absorbant, les doublets ultimes de l'argent 3383,0; 3280,8 et du cuivre 3274,0; 3257,6, ce dernier déjà identifié dans la lumière totale du Soleil par Rowland.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De la production de petites quantités d'aldehyde formique dans l'oxydation de l'alcool éthylique par voie chimique, physique ou biologique.* Note [1] de M. E. **Voisenet**, présentée par M. A. Gautier.

L'aldéhyde formique prend naissance sous l'influence de réactions très variées. Celles qui le produisent en petites quantités ou simplement à la

[1] Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

dose de traces, sont fort intéressantes; en particulier, celles dans lesquelles l'aldéhyde formique est le produit d'une réaction secondaire, parasite de la réaction principale.

J'ai constaté la production de formaldéhyde à des doses souvent très minimes, grâce à une réaction distincte de celles que donnent les autres aldéhydes grasses, notamment l'aldéhyde acétique : cette réaction [1] consiste dans l'obtention d'une matière colorante violette lorsqu'on traite une substance albuminoïde par les acides sulfurique ou mieux chlorhydrique légèrement nitreux, en présence de traces d'aldéhyde formique. Par sa spécificité et sa sensibilité ($\frac{1}{10000000}$), cette réaction colorée peut rendre de précieux services.

J'ai reconnu la formation constante de cette aldéhyde dans l'oxydation ménagée de l'alcool éthylique, pur de toute trace de composés méthyliques; cette oxydation étant le résultat soit d'une action purement chimique, directe ou mise en jeu par un phénomène physique, ou encore par l'intervention d'un être vivant. En appliquant ma méthode de détermination de l'alcool méthylique [2] à la recherche de cette substance dans l'alcool du vin, j'ai remarqué que tous les échantillons d'alcool éthylique les plus purs du commerce donnaient eux-mêmes, après oxydation et élimination de l'acétaldéhyde par distillation fractionnée, une légère coloration violette sous l'influence du réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux sur les premiers centimètres cubes du fractionnement subséquent, comme si ce fractionnement eût contenu des traces de formaldéhyde ou de ses acétals. Les propriétés de la matière colorante et les caractères spectroscopiques sont identiques.

J'ai reconnu depuis que si, pour certains alcools, notamment ceux de maïs, cette réaction doit être attribuée à la présence de traces d'alcool méthylique, elle est due, le plus souvent pour la majeure part, à la formation d'aldéhyde formique qui se forme dans l'oxydation ménagée de l'alcool éthylique lui-même.

I. Oxydation de l'alcool éthylique par voie chimique. — 1° *Oxydation au moyen du mélange chromique.* — Comme les alcools du commerce pouvaient contenir de l'alcool méthylique dont il n'eût pas été possible de séparer les dernières traces par distillation fractionnée ou congélation, j'ai dû préparer de l'alcool éthylique chimiquement exempt de composés méthyliques. Tout d'abord, employant une méthode

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 1198.
(2) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXV, 1906, p. 748.

rapide, sinon parfaite, j'ai préparé de l'alcool par fermentation de plusieurs saccharoses ou glucose : les divers échantillons d'alcool obtenus, traités après rectification, par le réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux, sont restés incolores. Cette vérification était indispensable, notamment pour l'alcool de sucre de canne ou de betterave, attendu que ces variétés de saccharose contiennent fréquemment de la formaldéhyde originaire de la cuite. Chacun de ces échantillons d'alcool, soumis à l'oxydation ménagée par mélange chromique, donna, après séparation de l'acétaldéhyde, un fractionnement se colorant légèrement en violet par le réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux, accusant ainsi la présence du méthanal formé par oxydation.

Incomplètement satisfait de ce résultat, je me décidai à préparer de l'alcool pur par d'autres procédés : 1° hydrogénation de l'acétaldéhyde pure régénérée de la métaldéhyde ou de la paraldéhyde pures; 2° synthèse de Berthelot par l'éthylène ; 3° action de l'acide sulfurique pur sur l'éther pur et décomposition ultérieure par l'eau de l'acide éthylsulfurique formé.

Je me borne à indiquer que par l'application de chacune de ces méthodes j'ai obtenu quelques centimètres cubes d'un liquide alcoolique bouillant entre 78°-79°, dont chaque échantillon a été vérifié exempt de toute trace de formaldéhyde. En soumettant ensuite chacun d'eux à l'oxydation ménagée par le mélange chromique, j'ai toujours constaté la présence de l'aldéhyde formique.

J'ajoute que la comparaison colorimétrique des teintes violettes fournies par les échantillons d'alcool précédents et ceux de fermentation m'a permis de conclure à l'absence de tout composé méthylique chez plusieurs de ces derniers; aussi est-ce avec de tels produits que j'ai effectué les recherches suivantes.

2° *Oxydation de l'alcool éthylique par divers agents chimiques oxydants usuels :* ozone, eau oxygénée ou composés générateurs de ce corps, oxydes de l'azote, chlore et hypochlorites, mélange manganique, etc.

J'ai reconnu que tous ces agents engendrent également des traces d'aldéhyde formique avec l'alcool éthylique pur : en particulier, le réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux permet de reconnaître cette aldéhyde dans le distillatum aqueux résultant de la préparation du chloroforme par la méthode de Soubeiran, et aussi parmi les produits de l'action de l'acide azotique dilué sur l'alcool.

II. Oxydation de l'alcool éthylique par voie physique. — 1° *Oxydation par catalyse.* — L'aldéhyde formique figure parmi les produits d'oxydation de l'alcool par action de contact. On peut s'en rendre compte en répétant avec cette substance l'expérience dite *de la lampe sans flamme;* après quelques minutes de réaction, on peut reconnaître la présence de formaldéhyde, soit directement, soit après distillation. L'oxydation de l'alcool par les métaux pulvérulents conduit à la même formation.

2° *Oxydation par électrolyse.* — La présence d'aldéhyde formique parmi les produits nés au cours de cette action n'a pas été encore signalée. Or, la formation de ce corps en pareille circonstance est constante, qu'il s'agisse d'alcool concentré ou dilué; en particulier, si l'on soumet un mélange de 50^{cm^3} d'alcool à 90° ou à 30° et de 5^{cm^3} d'acide sulfurique au quart, à l'action électrolytique du courant de quatre éléments Bunsen, durant 2½ heures, le liquide soumis à la distillation fractionnée lentement conduite donnera d'abord une coloration jaune par le réactif (coloration due à l'aldéhyde acétique), puis une coloration violette due à la présence de formaldéhyde.

III. Oxydation de l'alcool éthylique par voie biologique. — La fixation d'oxygène sur l'alcool par l'intermédiaire des *mycoderma vini* ou *aceti* donne une trace d'aldéhyde formique. En particulier, si l'on réalise une préparation de vinaigre d'alcool, et si l'on soumet le liquide acide à une distillation fractionnée lente que l'on suit à l'aide du réactif, on obtient d'abord une coloration jaune due à de l'acétaldéhyde, et bientôt, avec le fractionnement ultérieur, une coloration violette bien nette accusant la présence de formaldéhyde. La même expérience répétée avec du vrai vinaigre de vin conduit à un résultat semblable : l'oxydation de l'alcool du vin par le *mycoderma vini* donne lieu à une semblable observation.

La quantité d'aldéhyde formique qui prend ainsi naissance varie avec chacun des modes précités; elle est variable suivant les conditions expérimentales; elle est surtout faible dans l'oxydation par voie biologique.

Malgré ces doses infinitésimales, ce cas particulier de production de l'aldéhyde formique est très intéressant : en effet, il resserre le lien d'analogie entre les résultats des phénomènes physiques ou chimiques et ceux d'origine biologique. Cette analogie se double ici d'un fait, paradoxal en apparence, celui de l'élaboration d'un corps toxique par des êtres vivants dans le milieu où ils fonctionnent et se multiplient. Le chimiste devra tenir compte de cette formation parasite dans la recherche fondée sur la transformation en aldéhyde de l'alcool méthylique dans l'alcool du vin, au moins quand cette impureté n'y figurera qu'à l'état de traces. A un autre point de vue, ce mode de production invite le législateur à se mettre en garde contre les dangers de la prohibition absolue de la formaldéhyde, puisque cet antiseptique fait partie, au moins en proportion infinitésimale, d'une matière alimentaire, le vinaigre.

CHIMIE. — *Nouvelle méthode permettant de déceler des traces d'alcools.* Note de M. E. de Stœcklin, présentée par M. Roux.

J'ai montré dernièrement [1] comment on peut, à l'aide de systèmes peroxydasiques très simples, transformer instantanément la plupart des alcools en aldéhydes correspondantes. On peut fonder sur cette réaction une méthode permettant de rechercher des traces d'alcools.

A cet effet on ajoute au liquide à étudier de l'eau oxygénée et tel composé organique du fer approprié réagissant catalytiquement sur le

---

[1] E. de Stœcklin, *Comptes rendus*, 28 décembre 1908.

peroxyde pour former avec lui un système peroxydasique susceptible d'attaquer l'alcool. La plus grande partie de l'alcool oxydé passe, ainsi que je l'ai montré ([1]), à l'état d'aldéhyde que l'on met en évidence par le réactif bien connu de cette famille de corps : la solution de fuchsine décolorée par l'anhydride sulfureux.

Cette réaction est d'une sensibilité telle qu'il m'a suffi de quatre gouttes d'une solution alcoolique au dix-millième pour y retrouver nettement la présence du corps cherché ; encore n'ai-je pas atteint, ici, la limite de sensibilité de la réaction.

Les manipulations qui interviennent au cours de cette recherche sont d'une grande simplicité. On prépare d'abord les quatre solutions suivantes qui se conservent assez longtemps, surtout les trois premières :

1° *Quinhydrate de fer.* — Elle contient 1^{mg} de fer par centimètre cube. On la prépare en ajoutant un sel ferrique à une solution saturée vers 80° de quinhydrone fraîchement préparée.

2° *Tannate de fer.* — Elle contient également 1^{mg} de fer par centimètre cube. On la prépare en ajoutant un sel ferrique à une solution aqueuse de tannin à 3 pour 100.

3° Eau oxygénée à 5 pour 100. Préparée à partir du perhydrol de Merck.

4° *Bisulfite de rosaniline.* — On la prépare selon les indications données dans la méthode d'analyse officielle des alcools.

Lorsqu'on est en possession de ces quatre liqueurs, voici comment l'on procède.

On prélève, si possible, environ 1^{cm^3} du liquide à essayer (si le liquide est précieux, 4 ou 5 gouttes suffisent) qu'on introduit dans un tube à essai ; dans le cas où le liquide est alcalin, on l'acidifie *très* légèrement par l'acide acétique ; dans le cas contraire, si l'acidité est notable, on la ramène vers la neutralité à la phtaléine sans y atteindre tout à fait. Ce point acquis, on ajoute alors deux gouttes de quinhydrate de fer au liquide contenu dans le tube, suivies *aussitôt* de trois à quatre gouttes d'eau oxygénée. On agite le tube pendant quelques secondes, après quoi l'on additionne le tout de 1^{cm^3} à 2^{cm^3} de bisulfite de rosaniline ; on agite de nouveau et on laisse reposer. Si le liquide contient de l'alcool, on constate au bout de quelques minutes l'apparition d'une coloration violacée plus ou moins intense suivant la quantité d'aldéhyde respectivement d'alcool contenue dans la liqueur soumise à l'oxydation.

De l'opération conduite comme je viens de l'indiquer, on ne peut conclure qu'à la présence ou l'absence d'un alcool, cet alcool fût-il la glycérine ([2]). Pour obtenir plus de précision, il faudra répéter l'opération en remplaçant le quinhydrate de fer par le tannate ; une réaction positive indiquera qu'on est en présence d'un mono-alcool normal appartenant à l'un

---

([1]) E. de Stoecklin, *Comptes rendus*, 15 février 1909.

([2]) E. de Stoecklin et E. Vulquin, *Comptes rendus*, mai 1909.

des quatre premiers termes de la série grasse (voir *Comptes rendus*, 15 février 1909).

Cette méthode combinée à celle de Denigès [1] pour la recherche de la glycérine donne pour ce corps en particulier des renseignements très sûrs. Il suffit, en effet, de faire bouillir au préalable le liquide pour en chasser les alcools volatils qu'il pourrait contenir, le séparer en deux portions; sur l'une on fera réagir le bisulfite qui indiquera la présence d'aldéhyde glycérique, sur l'autre la codéine suivant les prescriptions de Denigès, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours au préalable à l'acide iodhydrique.

Cette seconde réaction est caractéristique de la dioxyacétone. Si les deux réactions sont positives, on pourra conclure à la présence de glycérine avec quelque certitude.

Cette méthode, ainsi qu'on le voit, possède des avantages appréciables sur les méthodes similaires: elle est d'un emploi excessivement simple et facile, d'une sensibilité plus grande qu'aucune autre, d'une netteté parfaite, et elle n'exige aucun tour de main spécial. De plus, elle peut s'appliquer directement aux liquides les plus divers sans que, la plupart du temps, il soit nécessaire d'avoir recours à une distillation préalable. C'est ainsi que j'ai obtenu des résultats très nets en agissant directement sur des liquides tels que des préparations pharmaceutiques variées, parfums, macérations d'organes animaux, extraits microbiens, sérums, liquides physiologiques, etc. Il est cependant toujours préférable d'avoir recours à la distillation, si l'on n'a pas obtenu de résultat positif sur le liquide primitif. Quelques gouttes de distillat suffisent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la séparation du saccharose et du lactose par le ferment bulgare.* Note de M. **L. Margaillan**, présentée par M. Roux.

Parmi les ferments lactiques vrais, le ferment bulgare qui a fait, ces dernières années, l'objet d'un certain nombre de recherches d'ordre chimique [2] ou physiologique [3] mérite une attention toute spéciale par sa

---

(1) Denigès, *Comptes rendus*, 18 janvier 1909.

(2) G. Bertrand et G. Weisweiller, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XX, p. 977. — G. Bertrand et F. Duchacek, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXIII, p. 402.

(3) M. Cohendy, *Comptes rendus Soc. Biol. Paris*, t. I, 1906, p. 558. — E. Metchnikoff, *Essais optimistes*, 4e Partie, V.

puissance de fermentation de certains hydrates de carbone qu'il transforme presque exclusivement en acide lactique avec un rendement supérieur à 97 pour 100.

MM. G. Bertrand et F. Duchacek ont montré (*loc. cit.*) que, cultivé dans des conditions identiques dans des milieux contenant soit du lactose, soit du saccharose, ce microbe détruit le lactose, mais ne touche pas au saccharose. Certains auteurs ([1]) avaient, d'autre part, signalé l'attaque du sucre de canne. Nos expériences ont pleinement confirmé la conclusion de MM. Bertrand et Duchacek.

Par analogie avec le fait observé par M. Bourquelot ([2]), que la fermentation alcoolique du galactose peut être obtenue par une sorte d'entraînement à l'aide de dextrose, mannose ou maltose, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible d'obtenir l'attaque du saccharose par un entraînement de ce genre à l'aide de lactose ou de glucose, ce qui expliquerait la contradiction signalée.

A cet effet, dans le milieu de culture composé de 10^{cm^3} d'eau de touraillons à 1 pour 100 de peptone Chapoteant, 300^{mg} de carbonate de calcium précipité, nous avons introduit un mélange à proportions variables de lactose pur et de saccharose pur de façon à avoir un poids total de sucres égal à 400^{mg}.

La marche de la fermentation était suivie par le pouvoir réducteur suivant la méthode de M. G. Bertrand ([3]). Lorsque tout pouvoir réducteur avait disparu, le lactose était détruit, nous procédions à l'hydrolyse chlorhydrique du saccharose et nous dosions le sucre interverti.

En opérant ainsi, nous avons toujours retrouvé intégralement la quantité de saccharose introduite. Il n'y avait pas d'entraînement. Nous n'avons pas eu plus d'action en forçant la dose de peptone qui est au plus haut point favorable au développement du bacille, tandis que MM. Tollens et Stone ([4]) avaient pu, dans des conditions analogues, produire la fermentation du galactose. Nous n'avons pas eu plus de résultats en remplaçant le lactose par le glucose.

Nous avons pu dans ce milieu artificiel caractériser encore le dédoublement du lactose par une lactase que nous n'avons pas encore réussi à isoler ([5]). Ceci montre l'absence totale de sucrase et la spécificité très nette de la lactase.

([1]) M. Cohendry, *loc. cit.* — E. Metchnikoff, *loc. cit.*

([2]) Bourquelot, *Comptes rendus*, t. CVI, p. 283.

([3]) G. Bertrand, *Bull. Soc. chim. Paris*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 1285.

([4]) Tollens et Stone, *D. chem. G.*, t. XXI, p. 1572.

([5]) MM. Bertrand et Weisweiller (*loc. cit.*) ont été les premiers à mettre en évidence le dédoublement préalable du lactose par la lactase du ferment bulgare dans le lait.

En conséquence, il nous a paru y avoir là le principe d'une méthode de recherche qualitative et quantitative du saccharose en présence du lactose ou du glucose [1], par exemple, dans les milieux naturels; il suffirait de cultiver le bacille bulgare sur ces milieux : celui-ci détruira le lactose et l'on dosera le saccharose par son pouvoir réducteur après interversion. Cette méthode s'applique directement aux laits condensés avec addition de saccharose ou aux laits maternisés suivant la méthode de Budin et Michel.

BOTANIQUE. — *Sur les types sauvages de la Pomme de terre cultivée.* Note de M. **Pierre Berthault**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les *Solanum* sauvages que les botanistes et les horticulteurs ont à différentes reprises rapprochés de la Pomme de terre cultivée sont assez nombreux. Parmi eux, les *Solanum Maglia* Schlecht., *Commersonii* Dun., *etuberosum* Lindl., et aussi certains *Solanum* sauvages rapportés au *S. tuberosum* L. ont été particulièrement remarqués des praticiens qui ont espéré en obtenir par la culture des races nouvelles de Pommes de terre [2].

Si les *Solanum Commersonii* Dun., et *Maglia* Schlecht. sont des plantes dont les caractères sont bien connus et pour lesquelles aucune confusion n'est faite avec les espèces voisines, il n'en est pas de même du *S. etuberosum* Lindl. et du *S. tuberosum* L. Récemment M. Wittmack [3] montrait que la plante décrite par M. Sutton [4], sous le nom de *S. etuberosum*, ne correspondait pas à l'échantillon de Lindley et qu'on était en présence de deux plantes distinctes. Mes observations confirment l'opinion émise par le savant professeur allemand; en outre, j'ai constaté qu'une confusion analogue existe pour le *S. tuberosum*. Sous cette même dénomination on rencontre en effet des plantes bien différentes :

---

(1) Le lactose et le glucose sont les deux seuls sucres en présence desquels nous ayons appliqué cette méthode séparative. Mais d'après les recherches de M. G. Bertrand et Duchacek (*loc. cit.*), on doit pouvoir y ajouter d'autres sucres, notamment le lévulose et le galactose.

(2) J. Heckel, *Comptes rendus*, 21 novembre 1904; 26 décembre 1905; 24 décembre 1906; 3 juin 1907; 5 octobre 1908; 15 novembre 1909. — J. Labergerie, *Bull. Soc. nat. Agr. France*, décembre 1905; novembre-décembre 1906; janvier 1907. — Planchon, *Bull. Soc. nat. Agr. France*, novembre 1909.

(3) Wittmack, *Die Stampflanze unserer Kartoffel* (*Landwirt. Jahrb.*, 1909).

(4) Sutton, *Journ. of the Linn. Soc.*, 1909, p. 448.

1° L'ensemble de nos variétés cultivées; j'ai examiné à Grignon 368 d'entre elles; sur toutes les fleurs étudiées le calice était à dents longuement mucronées, la corolle en roue, le stigmate globuleux.

2° La plante sauvage mexicaine que de Candolle, dans le *Prodromus* (1), réunit à la Pomme de terre, ainsi qu'à l'échantillon bolivien qui figure sous le n° 1414 à l'herbier du Muséum et qu'a récolté d'Orbigny. On aurait, d'après de Candolle, dans ces deux plantes sauvages, le véritable *S. tuberosum* de Linné, c'est-à-dire une plante dont le calice est à mucrons réduits, la corolle en roue, le style mince, le stigmate globuleux, les feuilles à nombreuses folioles.

3° Une plante que j'ai cultivée à Grignon sous le nom de *S. tuberosum* et qui provient des collections de M. Sutton. Ce *Solanum* originaire du Mexique ou l'a récolté M. Poingle, diffère des échantillons précédents par son calice pointu, sa corolle violette, ses feuilles à 5-7 folioles légèrement gaufrées où la foliole terminale domine. J'en ai obtenu, à partir des graines, cinq pieds tous semblables.

4° Un échantillon figurant à l'herbier Drake, sous le n° 533 de Heller, qui a tous les caractères de la Pomme de terre cultivée. Cette plante mexicaine, indiquée par le collecteur comme *S. tuberosum spontaneum in Cocustence*, diffère totalement des autres types sauvages et a toutes les apparences de nos plantes agricoles.

5° Le *S. tuberosum* déjà distingué par Asa Gray sous le nom de *S. tuberosum boreale* ou *S. Fendleri* A. Gray.

A côté de ces types, les Solanées tubérifères voisines de la Pomme de terre peuvent être comparées et groupées comme l'indiquait de Candolle (2), et plus récemment M. Wittmack (3) d'après les caractères combinés de la corolle et du calice. J'ai repris l'étude de ces caractères, et, la complétant par celle de la taille des mucrons du calice, j'ai obtenu la classification suivante pour les plantes que j'ai examinées vivantes dans les cultures de Grignon et dans celles de M. de Vilmorin à Verrières, ou sèches dans les grands herbiers parisiens.

En résumé :

1° Toutes les variétés de la Pomme de terre cultivée forment, au point de vue des caractères floraux, un groupe très homogène, distinct de l'ensemble des *Solanum* tubérifères sauvages.

2° Sous le nom de *S. tuberosum*, on a réuni jusqu'ici, avec les variétés cultivées, des plantes différentes parmi lesquelles j'ai pu distinguer quatre types : celui de Poingle, ceux de de Candolle, de Heller et d'A. Gray. Cette confusion est analogue à celle signalée par M. Wittmack à propos de

---

(1) De Candolle, *Prodromus*, Vol. XIII, p. 31.

(2) De Candolle, *Arch. Sc. phys. et nat. de Genève*, 15 mai 1886.

(3) Wittmack. *Ber. d. deut. bot. Gesells.*, 15 octobre 1909.

I. — Corolle en roue.

1° Calice à dents aiguës	à long mucron	Les variétés agricoles de la Pomme de terre	(cult. Grignon et Verrières)
		S. tuberosum spontaneum de Heller	(Heller, in herb. Drake)
		S. Papa d'Amarilla	(cult. et in herb. de Vilm.)
	à mucron moyen	*S. etuberosum* Sutt. nec. Lindl.	(cult. et in herb. de Vilm.)
	à mucron très réduit	*S. tuberosum* L.	(in herb. Mus. Paris et Drake)
		S. tuberosum Pringle non L.	(cult. et in herb. de Vilm.)
		S. tuberosum boreale — *S. Fendleri* A. Gray	(in herb. Mus. Paris et Drake)
		S. Maglia Schlecht	(cult. et in herb. Mus. Paris)
		S. stoloniferum Schlecht	(in herb. Drake)
		S. utile Klotzsch	(in herb. de Vilm.)
		S. collinum Dun — *S. tuberosum* Bectero	(in herb. Drake)
2° Calice à dents obtuses ou sans mucron		*S. etuberosum* Lindl.	(in herb. de Vilm. et Drake)
		S. verrucosum Schlecht	(cult. et in herb. de Vilm.)
		S. sp. (à chair safran, de Colombie) Cayeux	(cult. et in herb. de Vilm.)
		S. Bridgesii D. C.	(in herb. Mus. Paris)

II. — Corolle en étoile.

1° Calice à dents aiguës, souvent mucronées	*S. polyadenium* Greenm.	(cult. et in herb. Drake)
	S. Jamesii Torr.	(in herb. Cosson et Mus. Paris)
2° Calice à dents obtuses, sans mucron	*S. Commersonii* Dun	(cult. et in herb. Mus. Paris)
	S. Ohrondii Carr.	(cult. et in herb. de Vilm.)

S. etuberosum qui comprend bien, ainsi que je l'ai vérifié, deux types distincts, celui de Lindley et celui de Sutton.

3° Deux plantes récoltées comme spontanées, le *S. tuberosum* de Heller et le Papa d'Amarilla, sont très voisines de nos variétés agricoles et l'on pourrait être tenté de les envisager comme leurs types ancestraux. Mais ces échantillons, d'ailleurs peu nombreux, sont peut-être ceux de plantes subspontanées échappées aux cultures depuis un temps plus ou moins long. On ne peut donc tirer de leur ressemblance avec la Pomme de terre aucune conclusion ferme. Même observation pour le *S. tuberosum* de Sutton, qui apparaît plutôt comme un hybride, ainsi que le pense avec raison M. Wittmack.

4° Tous les *Solanum* tubérifères dont la nature spontanée paraît bien établie sont nettement différents de nos plantes agricoles, notamment par les caractères de la fleur. Ceux qui s'en écartent le moins sont les *S. tuberosum* que nous avons désignés : L., Pringle non L., *Boreale* A. Gray et le *S. Maglia* Schlecht. Quant au *S. verrucosum*, rapproché du *S. tuberosum* par M. Wittmack, il s'en éloigne par son calice à dents régulières, ses folioles poilues et pointues qui en font une plante bien spéciale. L'examen des seuls caractères botaniques place encore plus loin de nos types cultivés les *S. Commersonii* Dun., *Ohrondii* Carr. et *Polyadenium* Greenm.

Bref, l'étude de ces espèces ne montre pas que nous puissions trouver en elles avec évidence le type sauvage de la Pomme de terre. Il convient, pour résoudre la question de l'origine de notre plante agricole, de cultiver ces formes sauvages, de noter les changements que peut leur imprimer la culture ou de renouveler, en précisant les conditions dans lesquelles se produisent les mutations gemmaires indiquées par MM. Heckel, Labergerie et Planchon. Les *S. Commersonii*, *Maglia* et *tuberosum* sont, en effet, d'après ces auteurs, des souches d'où sont sorties par mutations nos variétés agricoles. J'ai personnellement réalisé les conditions de milieu favorables à la mutation, d'après M. Heckel, et suivi dans les cultures, à Grignon et dans le Cher, un grand nombre de pieds de *S. Commersonii*, mais je n'ai constaté jusqu'ici aucune modification spécifique.

AGRONOMIE. — *Sur l'emploi du cyanure de potassium comme insecticide souterrain.* Note de M. **Th. Mamelle**, présentée par M. Henneguy.

Actuellement, on détruit les insectes phytophages à vie souterraine en injectant dans le sol des insecticides volatils ou décomposables qui y dif-

fusent des gaz toxiques. Le plus employé de ces insecticides est le sulfure de carbone : il agit, en effet, très énergiquement, mais il présente les inconvénients suivants :

1° Son odeur fait fuir les animaux et permet à ceux qui gagnent la surface du sol d'échapper à la destruction ;

2° Il est très toxique pour les végétaux et détruit souvent la plante qu'on voulait protéger ;

3° Il arrête les fermentations du sol et par cela même peut nuire à sa fertilisation ou supprimer les effets calorifiques qu'on recherche dans cette fermentation, comme ceux qu'on observe dans les couches des horticulteurs.

Le cyanure de potassium, utilisé de la même façon, a une action tout aussi énergique et ne présente pas les inconvénients du sulfure de carbone.

Le cyanure de potassium injecté dans le sol, en solution aqueuse, y subit une décomposition provenant, soit de l'action de l'anhydride carbonique, soit de celle du bicarbonate calcique qui, par des réactions d'équilibre, déplacent peu à peu l'acide cyanhydrique de son sel. Le gaz ainsi libéré se diffuse dans le sol et sa présence se traduit pratiquement par la destruction de tous les animaux qui s'y trouvent.

L'application du cyanure de potassium est faite au moyen d'un pal injecteur du modèle couramment employé en agriculture. Le sol reçoit une série de coups de pal (de 6 à 15 par mètre carré), suivant la perméabilité du sol, en injectant, chaque fois, 8^{cm^3} à 10^{cm^3} d'une solution de cyanure de potassium à 200^g par litre d'eau, soit donc environ $1^g,5$ à 2^g de sel pour chaque coup de pal et de 15^g à 20^g en moyenne par mètre carré.

Les injections sont faites de 10^{cm} à 20^{cm} de profondeur.

A cette dose, le sol, suivant sa composition et sa perméabilité, se charge plus ou moins vite d'acide cyanhydrique, et l'on peut constater, à la fois, la puissance de destruction de cet acide et les avantages qu'il présente sur le sulfure de carbone.

1° L'action du cyanure de potassium est plus lente à se produire mais elle est plus complète. Elle ne se manifeste bien qu'au bout de quelques jours, tandis qu'avec le sulfure de carbone l'action est rapide et brutale, et dans les sols très perméables s'observe même au bout de quelques heures. De plus, les animaux ne paraissent pas s'apercevoir de la présence du cyanure de potassium, ils ne fuient pas et en subissent d'autant mieux les effets ; on les retrouve toujours morts à la même place qu'ils occupaient alors qu'ils étaient vivants, tandis que ceci ne s'observe pas avec le sulfure de carbone.

2° Les plantes en pleine végétation ne souffrent pas de ce traitement, même en l'employant à de très fortes doses.

Des pélargoniums attaqués par des termites, et plantés dans des pots de 1^{l} de capacité, supportent, sans inconvénients, 10^{cm^3} d'une solution de cyanure de potassium au $\frac{1}{5}$, tandis qu'ils sont grillés avec 1^{g} de sulfure de carbone.

3° Les fermentations du sol ne semblent pas arrêtées; dans tous les essais et traitements appliqués on n'a pas observé d'arrêt de végétation, qui serait la conséquence d'un arrêt de fermentation.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes.* Note [1] de Mlle **P. Cernovodeanu** et M. **Victor Henri**, présentée par M. Roux.

Depuis les premières recherches expérimentales de Downes et Blunt (1877) sur l'action de la lumière sur les microbes, un très grand nombre d'auteurs se sont occupés de cette question; les travaux principaux sont ceux de Duclaux (1885), Arloing (1885), Roux (1887), Buchner (1892), Marshall Ward (1893), Ledoux-Lebard (1893), Richardson (1893), Dieudonné (1894), Finsen et ses élèves Bie, S. Bang, Dreyer, Jansen (1899 à 1907), Tappeiner, Jodlbauer et leurs élèves (1905 à 1909), etc.

Nous nous sommes proposé d'analyser les différents facteurs physiques et chimiques qui interviennent dans cette action.

Technique. — Nous nous sommes servis de quatre lampes en quartz aux vapeurs de mercure : Heraeus de 110 volts, 4 à 5 ampères; la lampe de la Quarzlampengesellschaft de Hanau de 110 volts; la lampe de Westinghouse Cooper Hewitt à Paris de 110 volts et la même lampe W. C. H. de 220 volts, 3 ampères.

L'émulsion parfaitement homogène était placée dans des vases cylindriques ou évasés, sous la lampe à une distance plus ou moins grande. On prélevait à des intervalles de temps déterminés, toujours du fond du vase, 1^{cm^3} à 2^{cm^3} de liquide, qu'on répartissait dans deux tubes de bouillon frais.

L'influence de la teneur en microbes étant faible, nous avons pris dans la plupart des cas des émulsions contenant en moyenne de 10000 à 100000 microbes par centimètre cube.

Les expériences ont été faites avec les microbes suivants : *B. coli*, B. typhique, Staphylocoque doré, Pneumobacille de Friedländer, B. dysentérique, V. cholérique, B.

---

[1] Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

charbonneux (asporogène et sporogène), Sarcine orange et blanche, B. phléole, B. tétanique, *B. subtilis*, *B. megatherium*.

Résultats. — 1° *Influence de la distance et comparaison des lampes.* — L'action bactéricide des rayons ultraviolets décroît plus vite que le carré de la distance. La lampe à 220 volts est pour les faibles distances cinq fois plus active que la lampe à 110 volts et pour les grandes distances la différence entre les deux lampes est encore plus forte.

Voici les durées de destruction du *B. coli* par ces deux lampes :

Distances.	Lampe W. C. H. 110 volts.	Lampe W. C. H. 220 volts.
cm	s	s
60	300	30
40	180	15
20	20	4
10	4	< 1

2° *Influence de l'épaisseur de la couche liquide.* — L'action bactéricide est un peu plus forte lorsque l'émulsion est en couche épaisse de 25^{cm} que lorsqu'elle est en couche mince de 2^{cm} ou $0^{cm},5$.

3° *Influence de la température.* — L'action bactéricide se produit avec la même vitesse aux températures de 0°, 18°, 25°, 35°, 45° et 55°. Elle se produit aussi bien pour une émulsion congelée.

4° *Action en l'absence d'oxygène.* — L'action des rayons ultraviolets se produit à peu près avec la même vitesse, en l'absence d'oxygène, que dans l'air. Nous avons obtenu ce résultat pour le *B. coli*, B. charbonneux, *B. subtilis*, B. du tétanos et les microbes de l'eau de source.

5° *Irradiation du milieu. Rôle de l'eau oxygénée.* — Une émulsion faite dans de l'eau irradiée pendant plusieurs heures n'est pas plus sensible aux rayons ultraviolets que l'émulsion faite dans de l'eau ordinaire. On sait que les rayons ultraviolets produisent la formation d'un peu d'eau oxygénée; nous trouvons que la quantité de H^2O^2 formée dans l'eau distillée en 30 minutes par la lampe W. C. H. de 220 volts à 20^{cm} de distance correspond environ à une solution 0,000005 normale, c'est-à-dire contenant $\frac{1}{5}$ de milligramme de H^2O^2 par litre, or, l'eau oxygénée exerce une action stérilisante sur le *B. coli* seulement à une concentration 400 fois plus forte. De plus, si l'on fait l'émulsion du *B. coli* dans une solution diluée de H^2O^2 (0,00005 normale) et qu'on l'expose aux rayons, l'action bactéricide n'est pas accélérée. Par conséquent on ne peut pas attribuer cette action à la formation d'eau oxygénée.

6° *Influence de la nature des microbes.* — Les différents microbes n'ont pas tous la même sensibilité aux rayons ultraviolets. Ce n'est ni la résistance à la chaleur, ni la forme, ni la taille, ni la pigmentation qui paraissent intervenir d'une façon prédominante dans ces différences. Voici les durées comparables :

Staphylocoque doré, 5 à 10 secondes; vibrion cholérique, 10 à 15; *Bacillus coli*, 15 à 20; bacille typhique, 10 à 20; bacille dysentérique (Shiga, Dopter), 10 à 20; pneumobacille de Friedländer, 20 à 30; sarcine blanche, 20 à 30; sarcine orange, 40 à 60; bacille phléole, 30 à 60; bacille charbonneux (sporogène), 20 à 30; *Bacillus subtilis*, 30 à 60; bacille du tétanos, 20 à 60; *Bacillus megatherium*, 30 à 60.

7° *Nature des rayons actifs.* — Le spectre de la lampe à mercure contient un très grand nombre de radiations ultraviolettes qui s'étendent jusqu'à la longueur d'onde 2224. Les raies fortes que nous avons repérées par comparaison avec le spectre de l'arc du fer sur des photographies que nous avons faites avec le spectrographe de M. Urbain sont les suivantes : 3908; 3663, 3654, 3650; 3341; 3131, 3126; 3027, 3026, 3023, 3022; 2967, 2925, 2894; 2857; 2820; 2804, 2803; 2759, 2752; 2699; 2673; 2655, 2654, 2652; 2640; 2571; 2535, 2534; 2483, 2482, 2481; 2400; 2379; 2346; 2301; 2276; 2262; 2224.

En interposant une plaque de verre blanc de 1^{mm}, on arrête tout le spectre ultraviolet après les raies 3027-3022; ces dernières ne traversent le verre que très affaiblies. Dans ce cas l'action bactéricide est extrêmement ralentie; il faut une exposition de 3 à 5 heures au lieu de 15 à 20 secondes pour stériliser une émulsion de *B. coli*.

Une plaque de mica, de $0^{mm},2$ d'épaisseur, qui arrête les rayons ultraviolets à partir de la raie 2759 et qui laisse encore passer 2804 et 2803 affaiblies, a, pour la lampe à 110 volts, presque le même effet que l'écran de verre.

Une plaque de viscose de $0^{mm},2$ d'épaisseur, qui arrête les rayons extrêmes à partir de la raie 2483, retarde un peu la stérilisation; on l'obtient en 60 secondes.

Des traces de bouillon ajouté à l'émulsion retardent très fortement la stérilisation; le bouillon arrête tous les rayons ultraviolets à partir de 2925.

Par conséquent, les rayons ultraviolets, de beaucoup les plus bactéricides, sont ceux qui ont une longueur d'onde au-dessous de 2800 unités Angström. Remarquons que le protoplasme (albumine, gélatine, sérum, etc.) absorbe les rayons ultraviolets au-dessous de 2900 unités. Ce sont donc les rayons absorbés par le protoplasma des cellules qui exercent une action *abiotique*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La paralysie infantile expérimentale.* Note de MM. C. **Levaditi** et K. **Landsteiner**, présentée par M. Roux.

Dans deux Notes publiées antérieurement [1] nous avons démontré la transmissibilité de la poliomyélite aiguë de l'homme au Chimpanzé et la possibilité d'inoculer la maladie en série aux Simiens inférieurs. Nous avons insisté également sur les propriétés du virus de cette maladie : sa filtrabilité à travers les bougies Berkefeld et Chamberland, sa résistance à la dessiccation, ses voies de pénétration et d'envahissement. Voici les nouveaux faits enregistrés depuis :

1. *Résistance à la dessiccation.* — Dans les expériences déjà publiées, nous nous sommes servis de virus desséché suivant le procédé de Pasteur, appliqué aux moelles rabiques. Depuis, nous avons constaté que *la moelle simplement desséchée dans le vide, sur de l'acide sulfurique, conserve au moins pendant* QUINZE JOURS *sa virulence.* Ainsi, une émulsion de moelle dans de l'eau salée est desséchée dans ces conditions et gardée 15 jours à la température de la chambre. Triturée dans un mortier et suspendue dans de l'eau salée, elle est injectée dans le cerveau et le péritoine du *Cynomolgus* n° 55. L'animal se paralyse après une incubation de 9 jours et succombe le dixième, avec des lésions typiques.

2. *Filtration.* — Les filtrations, dont les résultats ont été publiés antérieurement, ont été faites à travers des bougies Berkefeld 12ª et Chamberland. Nous les avons répétées en nous servant du filtre *Reichel* à bougies Berkefeld-Nordtmeyer. Contrairement aux affirmations de Leiner et Wiesner [2], nous avons constaté *que le virus traverse ces filtres Reichel avec autant de facilité que dans nos expériences antérieures.*

Un fragment de moelle du *Sinicus* n° 28 (*infecté avec la moelle d'un singe ayant reçu du virus filtré*) est trituré dans de l'eau salée et l'émulsion est additionnée d'une culture de *Prodigiosus* sur gélose. On filtre à travers deux filtres Reichel A et B, sous un vide de 40^{cm}. Les filtrats, ainsi que l'émulsion témoin, sont injectés dans le cerveau (0,5) et le péritoine (4^{cm^3}) de trois singes. Des portions de ces filtrats, gardées à 38° ou ensemencées sur bouillon et gélose, sont restées indéfiniment stériles.

---

(1) Landsteiner et Levaditi. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXVII, séances du 27 novembre et du 18 décembre 1909.

(2) Leiner et Wiesner. *Wiener klin. Woch.*, n° 49, 1909, p. 1698.

Singes.	Bougies.	Incubation.	Caractères de la maladie.
Rhesus 23.....	Reichel A	11 jours	Paralysie généralisée, mort le 4e jour
Cynomolgus m...	Reichel B	8 jours	Paralysie généralisée, » le 2e jour
Mandril m.....	Témoin	4 jours	Titubation, parésie, » le 2e jour

Conformément à ce que nous avions vu avant, *l'incubation est, chez les animaux ayant reçu les filtrats, plus longue que chez les témoins.*

Ces résultats permettent d'écarter l'hypothèse d'après laquelle les accidents observés chez les singes inoculés avec les moelles filtrées seraient dus à une toxine et non pas au virus. En effet, dans l'expérience citée plus haut, le virus provenait d'un *Sinicus* inoculé lui-même avec une émulsion virulente filtrée; d'un autre côté, la moelle du *Cynomolgus m* (filtrat Reichel B), inoculée à un cynocéphale, lui transmit la poliomyélite après une incubation de 4 jours.

L'examen histologique des moelles des animaux inoculés avec les filtrats a révélé l'existence des lésions typiques de poliomyélite.

3. *Immunité des animaux ayant survécu à l'infection.* — Trois singes ayant survécu à l'infection et présentant des signes de paralysie [1] ont été réinoculés avec du virus actif, en même temps qu'un témoin (*Cynomolgus* 54). Les deux premiers étaient paralysés *depuis* 12 *jours* (*Rhesus* 33 et 35), le dernier *depuis* 25 *jours* (*Cynomolgus* 19). Le témoin, paralysé le cinquième jour, était mourant le lendemain. Les animaux ayant contracté une première infection se sont montrés insensibles à l'inoculation d'épreuve; leur état n'a pas changé jusqu'à présent.

Une première infection paraît donc conférer l'immunité.

4. *Sensibilité du lapin.* — Parmi les nombreux lapins que nous avons inoculés en même temps que les singes, dans le cerveau et le péritoine, quelques-uns sont morts sans paralysie, mais la grande majorité a résisté à l'infection. L'examen des moelles des lapins morts, fait en collaboration avec M. Stanesco, n'a révélé aucun signe de poliomyélite, sauf dans un seul cas, dont voici l'histoire : Lapin 9-57, inoculé le 29 novembre avec la moelle du *Cynomolgus* 16, meurt le 23 décembre (*incubation de* 24 *jours*), sans que nous ayons pu observer chez lui des signes nets de paralysie. Or, l'examen histologique montra des lésions *typiques* de poliomyélite, plus intenses même que chez le singe. Il en résulte que *le lapin, tout en étant le*

---

[1] Chez un d'entre eux (*Cynomolgus* 19, filtrat) les troubles évoluaient vers la guérison.

plus souvent insensible, peut parfois réagir vis-à-vis du virus de la poliomyélite aiguë. Krause et Meinicke ([1]), ainsi que Dahm ([2]), ont d'ailleurs soutenu la transmissibilité de cette infection au lapin.

GÉOLOGIE. — *Le Nummulitique de la zone du Flysch à l'est et au sud-est du Mercantour.* Note ([3]) de M. **Jean Boussac**, présentée par M. H. Douvillé.

On sait que la *zone du Flysch*, ou zone des *Aiguilles d'Arve*, se poursuit vers le Sud-Est, en passant derrière le massif de Mercantour, pour aller rejoindre la large zone synclinale, grossièrement triangulaire, comprise entre le col de Tende, Vintimille et Albenga. La Carte géologique à 1 : 400000 des Alpes occidentales, publiée par le Service géologique italien, montre que la bande nummulitique, en arrière du Mercantour, est un pays de nappes, comme dans l'Embrunais et dans l'Ubaye, mais ici très étroitement resserré entre le massif hercynien et la zone du Piémont. L'étude sur le terrain confirme pleinement cette impression. Il était donc utile d'étudier comparativement le Nummulitique autochtone, transgressif sur le bord nord et est du Mercantour, et le Nummulitique de la nappe charriée, pour se rendre compte de la distribution des niveaux et des facies, et des conditions paléogéographiques de l'époque.

J'ai été amené à distinguer, à ce point de vue, les trois zones suivantes (*fig.* 1) :

1° *Une zone où le Priabonien est transgressif.* Cette zone comprend le Nummulitique autochtone de toute la bordure nord-orientale du Mercantour; on peut l'étudier à Bersezio, à Demonte, à Valdieri, dans la Valle-Grande; d'une manière générale, le Nummulitique y est constitué, à la base, par des calcaires dépassant rarement une cinquantaine de mètres, et renfermant des Nummulites voisines de *N. contortus-striatus* et de *N. Rosai*, et au-dessus par plusieurs centaines de mètres de schistes et de grès très feldspathiques, passant à de véritables arkoses; c'est le *macigno* des auteurs italiens équivalent certain de nos grès d'Annot.

2° *Une zone où le Lutétien est transgressif*, mais peu épais, constitué par 15^{m} à 20^{m} de calcaires gréseux à *Nummulites complanatus, aturicus, Brongniarti, Orthophragmina discus;* l'Auversien et le Priabonien sont fondus dans une puissante

([1]) Krause et Meinicke, *Deutsche med. Woch.*, 1909, n° 42, p. 1825.

([2]) Dahm, *München. med. Woch.*, 1909, n° 49, p. 2553.

([3]) Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

série de schistes micacés, plus ou moins gréseux. Ce facies se rencontre dans les nappes de la zone du Flysch, depuis le Val Gesso jusqu'au col de Tende; à partir de là il passe dans l'autochtone (Rio Freddo) et constitue tous les affleurements nummulitiques qui dominent à l'Est la vallée de la Roja; c'est encore le même facies à Sospel, à Menton, etc.

3° *Une zone où le Lutétien est transgressif, mais envahi par le facies schisteux.* Ce facies est bien développé dans la nappe de la haute vallée du Rio Freddo, où le Lutétien présente à la base 150m de calcaires à *N. aturicus* et à *N. Brongniarti*, puis 200m de schistes gréseux, et enfin 30m de calcaires à *Lithothamnium* avec *N. aturicus* et *N. Brongniarti;* au-dessus viennent encore au moins 200m de schistes gréseux représentant l'Auversien et le Priabonien, et recouverts par les bancs puissants des grès du macigno = grès d'Annot. Ce facies du Nummulitique se retrouve dans l'autochtone de la région de Triora, où le Lutétien a une constitution analogue; dans les schistes auversiens ou priaboniens on trouve des lentilles calcaires à *Nummulites, Orthophragmina, Lithothamnium* et nombreuses *Globigerina.*

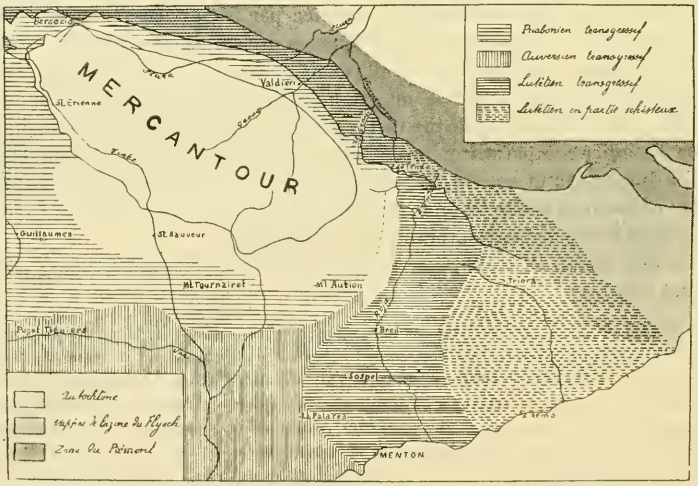


Fig. 1. — Distribution des niveaux et des facies du Mésonummulitique à l'est et au sud-est du Mercantour. Schématique.

Conclusions. — 1° *Les zones sédimentaires sont obliques par rapport aux zones tectoniques.* Elles coïncident avec ces dernières depuis Bersezio jusqu'aux environs du col de Tende, mais à partir de là elles s'infléchissent rapidement vers le Sud et le Sud-Ouest pour contourner le massif du Mercantour, qui jouait un rôle essentiel dans l'Océanographie des temps num-

mulitiques, comme M. L. Bertrand l'avait déjà montré pour les terrains situés au sud-ouest de ce même massif.

2° Au fur et à mesure qu'on a affaire à des zones plus internes, on trouve des niveaux plus anciens, des facies plus schisteux, des épaisseurs plus grandes; les transgressions se sont faites du centre vers l'extérieur du géosynclinal. En outre la dépression synclinale actuelle de la Riviera italienne existait déjà en tant que dépression à l'époque nummulitique, puisque dans cette région le facies schisteux a envahi les sédiments dès le Lutétien, alors que plus au Nord, dans toute la zone du Flysch, cet étage n'est formé que de grès grossiers ou de calcaires très peu épais. Il faut aller jusque dans la Suisse centrale et orientale pour retrouver le facies schisteux du Lutétien.

GÉOLOGIE. — *Sur le forage du puits artésien de Maisons-Laffitte.* Note de M. E. **Péroux**, présentée par M. A. Lacroix.

Ce forage a été entrepris en août 1907, sur la rive gauche de la Seine, à la cote 26, dans un ancien puits de $0^{m},70$, foré à 40^{m} dans le Sparnacien. Envahi par les sables, ce puits avait été comblé jusqu'à 30^{m}. Deux tubes de retenue de 0,650 et de 0,600 durent être descendus jusqu'à $42^{m},15$ pour permettre le passage d'un tube de 0,550 en tôle de 0,006, qui devait pénétrer en pleine craie sénonienne et, cimenté à sa périphérie sur toute sa hauteur, était destiné à préserver le forage des nappes d'eau supérieures.

Après déblaiement de cet avant-puits, les soupapes ont remonté successivement les terrains suivants qui, malgré les éboulements, ont mis en évidence : de 40^{m} à 50^{m} des sables gris, des lignites, des argiles grises et bigarrées. Entre 50^{m} et 56^{m} de la marne blanche, à 59^{m} de l'argile et vers 62^{m} du calcaire jaune pisolithique. A la profondeur de $63^{m},87$ on entre dans la craie blanche. Quelques débris de coquilles appartenant au *Magas Pumilus* permettent de classer cette assise dans le *Sénonien* supérieur avec silex blond. Cette craie s'est poursuivie, plus ou moins blanche et plus ou moins tendre avec lits de silex noirs, jusque vers 336^{m}, sans que la nature de la roche ou les débris fossilifères aient permis de tracer de subdivision dans cette partie moyenne et inférieure du Sénonien. A 336^{m} le sondage est entré dans une craie blanche, un peu grise, avec diminution progressive de silex, appartenant au *Turonien*. A $401^{m},50$ le silex a entièrement disparu, et à 405^{m} un débris de *Terebratulina gracilis* a confirmé cette attribution. Vers 425^{m} la craie est devenue plus grise, même marneuse, toujours sans silex, et cette couche a pu être considérée comme la base du Turonien ou le sommet du *Cénomanien*. Peu à peu, vers 455^{m}, 475^{m} et 500^{m} la craie est devenue marneuse et franchement grise. Entre 497^{m} et 500^{m} a eu

lieu la première rencontre de la *gaize*. A 507^m, c'est une marne grise à Ostracées; à 524^m, une argile noirâtre avec sable très fin, noir, micacé et pyrites; et à 529^m, elle se chargeait de grains fins de glauconie avec un aspect franchement cénomanien. A cette profondeur, la marne grise est sableuse, très ébouleuse, se détachant en cassures conchoïdes. A 533^m, un banc fossilifère donnait entre autres : *Pecten Beavery* Sowerby, *P. orbicularis* Sowerby, espèces caractéristiques de la gaize, étage *Vraconien*, intermédiaire entre le Cénomanien et l'Albien, et que nous classons de préférence avec le Cénomanien. Le *Pecten orbicularis* avait été trouvé déjà dans les mêmes couches ébouleuses, gaize siliceuse, dans les forages précédents, à Paris et à Carrières-sous-Poissy; l'assise est bien connue dans le pays de Bray, la Normandie et dans tout le sud de l'Angleterre. Plus bas, à 540^m, la sonde est entrée dans une argile noire, compacte, micacée, plastique, nettement différente de la gaize. A $566^m,50$, elle traverse une mince couche de sable ocreux, riche en carbonate de chaux et de fer, qui pourrait passer inaperçue, mais que je crois devoir signaler comme l'indice de la proximité des nappes aquifères. Enfin, à $569^m,75$ l'assise argileuse se termine brusquement par la rencontre de sables verts, glauconieux et pyriteux, d'où l'eau jaillit faiblement (20^{m^3} à 30^{m^3} à l'heure). De 570^m à 571^m, le sable remonté est blanc gris, formé de grains un peu plus gros de quartz, silex et moins glauconieux. A 573^m, le sable est encore plus gros (0,003 en moyenne) et encore moins glauconieux. L'eau jaillit abondamment et fournit environ 170^{m^3} à l'heure. A $574^m,40$ rencontre d'un conglomérat gréseux, constitué de pyrites, de sables et de graviers cimentés, excessivement dur, ayant l'aspect du mâchefer, d'une épaisseur de 1^m à $1^m,30$. C'est sous cette table gréseuse que le forage de Passy a trouvé son débit maximum. Confiant dans cette expérience, cette couche fut traversée et, le 12 avril 1909, à 576^m, jaillit impétueusement une colonne d'eau formant un paraboloïde de 0,73 de hauteur, chargée d'argile, de sables verts très fins et de morceaux du terrain traversé. Le débit, évalué à 16000^{m^3}, s'est maintenu depuis à $14\,000^{m^3}$ par jour. La température est de $26^\circ,5$.

Les sables de l'argile noire ont fourni les fossiles suivants, appartenant au Gault (*Albien*) le mieux caractérisé :

Ammonites (*Hoplites*) *interruptus* Bruguière [1]; *Ammonites* (*Hoplites*) *Benettiæ* Sowerby; *Panopea Beaumonti* Goldfuss; *Cardium Raulini* d'Orbigny; *Nucula Arduennensis* d'Orbigny.

Ils ont donné, en outre, des pyrites, des nodules phosphatés, des cailloux noirs, des lignites, des fragments de bois injectés de pyrite; enfin un morceau de *succin* du poids de $9^g,655$; $V = 8^{cm^3}$. Le niveau du sol étant à la cote $+26$, la cote négative atteinte est de $-576 + 26 = -550$.

Le forage de Maisons-Laffitte a permis de constater qu'à la partie supérieure des sables du Gault, les eaux circulaient dans des couches peu épaisses de sable fin vert, glauconieux, ou blanc gris, siliceux et plus gros, d'un faible débit d'abord, pouvant progressivement atteindre 3500^{m^3} à 4000^{m^3}

---

(1) Je dois à l'obligeance de M. G. Dollfus l'identification de ces fossiles.

au plus en 24 heures. Ces différentes superpositions de sables aquifères séparés par des lits d'argile reposent sur un fond dur, agrégat cimenté, imperméable, de 1^m à $1^m,30$. C'est une cloison résistante, maintenant sous pression la nappe peut-être la plus importante de l'Albien. Elle a fourni les plus forts débits et circule dans un sable très fin et très glauconieux. La minéralisation des deux eaux est sensiblement la même. Ces nappes sont-elles séparées sur tout leur parcours ou, mélangées, s'est-il produit une sédimentation des sables en raison de leur gravité ? Les sables les plus fins et les plus ferrugineux occupent la partie supérieure de chaque nappe et, d'autre part les couches, même les plus minces, se différencient les unes des autres par la grosseur des grains, leur coloration et leur teneur en minéraux autres que la silice.

C'est après avoir pris connaissance des travaux des savants qui ont coopéré aux forages de Grenelle et de Passy, que j'ai décidé de n'arrêter le forage du puits de Maisons qu'après avoir traversé cette table gréseuse rencontrée à $574^m,40$. Pour avoir profité de leur expérience dans la mesure de mes moyens et aussi pour avoir écouté les sages avis de M. G. Dollfus, j'ai été largement récompensé par le succès de l'œuvre entreprise et la situation nouvelle d'hygiène publique réalisée à Maisons-Laffitte.

Le forage commencé en septembre 1907 et terminé le 12 avril 1909 a été exécuté par MM. Lefebvre frères de Quiévrechain (Nord).

BOTANIQUE FOSSILE. — *Recherches sur les Diatomées des travertins déposés par les eaux minérales de Sainte-Marguerite (Puy-de-Dôme).* Note de M. **Héribaud-Joseph**, présentée par M. R. Zeiller.

Comme complément à mes études sur les dépôts diatomifères du Massif Central, j'ai entrepris de rechercher les Diatomées fossiles des travertins déposés par les sources minérales de cette région ; ces sources sont au nombre de plusieurs centaines, mais il n'y en a guère plus de 80 qui aient déposé des travertins calcaires ; elles appartiennent surtout au Puy-de-Dôme ; les départements limitrophes en comptent à peine une quinzaine, et d'importance très inégale.

J'ai recueilli les travertins de plusieurs sources des environs de Clermont, parmi lesquelles se trouvent celles de Sainte-Marguerite, situées sur la rive droite de l'Allier, près la gare de Vic-le-Comte, à 340^m d'altitude, et dont

les eaux étaient déjà connues à l'époque gallo-romaine ; elles comprennent plusieurs sources, qui présentent une grande similitude de composition ; la principale est celle de la Grotte ; d'après une analyse qu'en a donnée le professeur Truchot en 1878, elle renferme par litre $7^g,629$ de sels fixes, comprenant principalement des bicarbonates de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium et $2^g,250$ de chlorure de sodium. Sa température est de 26°.

Les travertins déposés par cette source peuvent se diviser en trois zones, *inférieure*, *moyenne* et *supérieure*, qui se distinguent facilement les unes des autres par leur facies lithologique, et surtout par les florules diatomiques qu'elles renferment. Ces florules comprennent, comme on va le voir, un mélange très remarquable de Diatomées marines, saumâtres et d'eau douce.

Florule de la zone inférieure.

Diatomées marines : *Amphora lineolata* Ehr., *A. salina* W. Sm.; *Campylodiscus Clypeus* Ehr. ; *Cymbella hungarica* Pant. ; *Epithemia gibberula* Ktz. ; *Navicula bohemica* Ehr., *Nav. Cari* Ehr., *Nav. cincta* Ehr., *Nav. elliptica* Ktz., *Nav. hyalina* Ktz., *Nav. naveana* Grun., *Nav. sculpta* Ehr. ; *Nitzschia bilobata* W. Sm., *N. commutata* Grun., *N. Frustulum* Grun., *N. hungarica* Grun., *N. Triblionella* Hantz., *N. vitrea* Norm. ; *Scoliopleura gallica* sp. nov. ; *Stauroneis Gregori* Ralfs ; *Surirella elegans* Ehr., *S. ovalis* Bréb. ; *Synedra affinis* var. *tabulata* W. Sm., *S. delicatissima* W. Sm.

Diatomées saumatres : *Amphora lineata* Grég. ; *Cymbella lanceolata* Ehr., *C. pusilla* Grun. ; *Epithemia gibba* Ktz. ; *Denticula valida* Grun. ; *Fragilaria capucina* Desm. ; *Mastogloia Dansei* Thiw. ; *Navicula ambigua* Ehr., *Nav. Brebissonii* Ktz. ; *Nav. gracillima* Pritch., *Nav. Bacillum* Ehr. var. *thermalis* Grun., *Nav. Heufleri* D. C., *Nav. macra* Grun., *Nav. tenella* Bréb. ; *Nitzschia amphibia* Grun., *N. communis* Rab., *N. Kittlii* Grun.

Diatomées d'eau douce : *Amphora Pediculus* Ktz. ; *Cymbella cymbiformis* Bréb. ; *Diatoma vulgare* Bory ; *Encyonema ventricosum* Grun. ; *Fragilaria virescens* Ralfs ; *Navicula biceps* Grég., *Nav. limosa* Ktz., *Nav. gracilis* Ehr., *Nav. ventricosa* Ktz., *Nav. subcapitata* Grég.

La zone inférieure m'a en outre livré une dizaine de Diatomées nouvelles pour la flore générale et qui, à l'exception du *Scoliopleura gallica*, ne figurent pas dans cette liste; elles appartiennent aux genres : *Achnanthes*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirella* et *Synedra* ; je me propose de les publier plus tard.

Pour les florules des zones moyenne et supérieure, trop encombrantes pour le cadre restreint de cette Note, je vais donner le résumé des résultats acquis.

Florule de la zone moyenne.

La florule de la zone moyenne diffère très notablement de celle de la zone inférieure : les deux tiers environ des Diatomées marines ont disparu, et ce sont surtout les plus caractéristiques, comme *Amphora salina*, *Navicula bohemica*, *Nav. Cari*, *Nav. hyalina*, *Nitzschia bilobata*, *Nitz. hungarica*, *Scoliopleura gallica*, *Stauroneis Gregori*; le *Campylopus Clypeus*, qui est fréquent dans la zone inférieure, se retrouve dans la zone moyenne, mais extrêmement rare, et ne peut tarder à disparaître sans retour. Les Diatomées saumâtres sont encore nombreuses, et leur ensemble est à peu près analogue à celui de la florule précédente. Les Diatomées d'eau douce sont en plus grand nombre. Les espèces observées à ce niveau et que je n'avais pas constatées dans la zone inférieure sont: *Achnanthes antiqua*, *Ceratoneis Arcus*, *Cocconeis Placentula*, *Encyonema paradoxum*, *Gomphonema constrictum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula viridula*, *Surirella ovata*, *Epithemia gibberula* var. *producta*, et une variété inédite de l'*Epithemia musculus*.

La totalité des espèces ou variétés, observées dans les échantillons de la zone moyenne, est d'environ une soixantaine.

Florule de la zone supérieure.

La florule de cette zone est à peu près identique à celle des eaux actuelles; les Diatomées saumâtres sont assez nombreuses, mais les espèces marines ont disparu, excepté *Nitzschia vitrea* et *Navicula cincta*; il est intéressant de constater que ces deux espèces existent à Sainte-Marguerite depuis la zone inférieure jusque dans les eaux actuelles ; les espèces d'eau douce, beaucoup plus nombreuses que les Diatomées saumâtres, appartiennent surtout à la catégorie des Diatomées *indifférentes* à la nature des eaux. Les espèces de la zone supérieure qui n'ont pas été observées dans les deux zones précédentes, sont : *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis Pediculus*, *Cyclotella comta*, *Cymbella Cistula*, *Epithemia Zebra*, *Gomphonema parvulum*, *Melosira tenuis* et *M. varians*, *Meridion circulare*, *Navicula major*, *Pleurosigma acuminatum*, *Nitzschia sigmoidea*, *Rhoicosphenia curvata*, *Surirella minuta* et *Synedra Ulna* var. *æqualis*.

Le nombre des espèces ou variétés de la zone supérieure est d'une cinquantaine environ.

En totalisant les Diatomées de ces florules et en négligeant les formes communes aux trois listes, on obtient près de 80 espèces ou variétés très distinctes, parmi lesquelles une vingtaine sont nouvelles pour le Massif Central et une dizaine de formes inédites.

L'examen de ces florules conduit aux conclusions suivantes :

1° De la présence de nombreuses Diatomées marines dans le travertin de la zone inférieure, et de l'absence à peu près complète de ces espèces dans les

eaux actuelles, il résulte que les eaux de Sainte-Marguerite devaient être autrefois bien plus fortement minéralisées qu'elles ne le sont aujourd'hui ; leur salinité a été constamment en décroissant de la zone inférieure à la zone supérieure.

2° De l'absence de Diatomées marines dans les eaux actuelles, et de la présence, au voisinage immédiat des sources minérales, d'un assez grand nombre de plantes appartenant à la flore maritime exclusive, comme: *Glaux maritima*, *Trifolium maritimum*, *Plantago maritima*, *Spergularia marina*, *Glyceria distans*, *Pottia Heimii*, *Chara crinita*, etc., il ressort que les Diatomées sont plus exigeantes, sous le rapport de la minéralisation des eaux, que ne le sont les plantes supérieures.

3° L'examen d'échantillons pris à des niveaux différents permet de suivre très exactement les modifications successives de la florule diatomique, et, comme ces variations doivent correspondre à celles de la salinité des eaux, il s'ensuit que l'étude méthodique des travertins peut fournir sur l'histoire des sources minérales de précieuses indications.

Je tiens en terminant à adresser à M. Maurice Peragallo, le savant diatomiste bien connu, mes meilleurs remercîments pour l'amabilité qu'il a eue de m'aider dans l'examen laborieux des matériaux utilisés.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JANVIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Orage magnétique du 25 septembre 1909 et phénomènes solaires connexes. Vérification des théories proposées.* Note de M. **H. Deslandres**.

Le grand orage magnétique du 25 septembre dernier, qui a troublé pendant plusieurs heures les lignes télégraphiques et les aimants de toute la Terre, retient toujours l'attention du monde savant. De nombreux Mémoires [1] ont déjà décrit, soit la perturbation terrestre, soit la perturbation solaire qui est censée lui correspondre, soit la nature du lien précis qui est supposé les réunir. La Note actuelle les complète utilement, car elle expose les observations de l'atmosphère solaire supérieure, révélée à Meudon en 1908, et étudiée jusqu'ici seulement dans cet Observatoire.

Les orages magnétiques et les taches considérés dans leur ensemble ont, comme on sait, les mêmes variations, avec la même période undécennale; mais la connexion n'est plus aussi nette lorsqu'on examine isolément chaque orage et chaque tache.

En général, il est vrai, un grand orage coïncide avec la présence d'une tache, au moins assez forte, près du centre de l'astre; de plus, l'orage éclate 45 heures en moyenne après le passage de la tache au méridien central, d'après les derniers calculs de Riccò. Mais la grandeur de la tache

---

[1] Je citerai en particulier les Notes d'Angot, Marchand, Cirera (*Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 557, 616 et 1035); de Chree, Fowler, Sidgreaves, Oliver Lodge, Riccò dans la *Nature* anglaise; de Buss, Cortie, Fowler dans *The Observatory*; de William Lockyer, Cortie, Michie Smith dans les *Monthly Notices*, etc.

n'est pas proportionnelle à la grandeur de l'orage, et souvent une grosse tache passe au centre, sans être accompagnée d'un trouble terrestre.

Le désaccord est encore plus grand avec un petit orage et une petite tache, et Cortie a signalé des orages survenus à une époque où le Soleil n'avait aucune tache et même aucune facule notable.

De tous ces faits on ne peut conclure que le Soleil n'a pas une action directe sur le magnétisme terrestre. Car la tache qui est la seule partie étudiée sériensement jusqu'ici n'est pas le seul élément du Soleil soumis à la variation undécennale. Tous les autres éléments de l'astre subissent aussi, plus ou moins étroitement, la même période, et en particulier les protubérances auxquelles Norman Lockyer rapporte l'action exercée sur la Terre.

Il convient donc de relever d'une manière continue tous les éléments variables du Soleil et de rechercher l'élément dont les variations soient en rapport avec la perturbation terrestre. J'ai déjà proposé ce programme en 1893 et aussi après le grand orage du 31 octobre 1903; mais il est plus facile à tracer qu'à exécuter, car il exige un effort considérable.

Les Notes précédentes sur l'état du Soleil, avant et pendant l'orage magnétique de septembre, se rapportent surtout à la surface. Les observateurs ont signalé la tache habituellement associée à chaque grand orage, qui, dans le cas présent, a traversé le méridien central le 23 septembre, environ 45 heures avant le milieu de l'orage qui a duré le 25 de midi à 8^h30^m du soir. C'est la tache A des figures 1 et 2 ci-après (latitude 4° Sud, longitude 305°). Elle est seulement moyenne ainsi que la facule qui l'entoure, et elle est notée comme active en ce sens que l'ombre et la pénombre ont des variations fréquentes, la pénombre offrant parfois avec netteté des spires d'aspect tourbillonnaire. Fowler et Buss ont aussi signalé sur la tache et autour d'elle des renversements des raies de l'hydrogène et de l'hélium. Mais tous ces phénomènes sont ordinaires, alors que l'orage terrestre est exceptionnel; des taches notablement plus larges et plus actives ont souvent traversé le Soleil sans être accompagnées d'une agitation des aimants terrestres.

L'étude de l'atmosphère solaire peut être plus fructueuse, car la plupart des théories proposées placent le siège de l'action solaire dans l'atmosphère et même dans l'atmosphère supérieure. Dans cet ordre de recherches une première publication a été faite par William Lockyer, qui décrit les images de la chromosphère moyenne, obtenues avec le spectrohéliographe de South Kensington et la raie H_2 du calcium, du 18 au 24 septembre. Les épreuves

du 24, faites à 10^h6^m, 10^h11^m, 11^h11^m et 11^h15^m, sont reproduites; elles montrent la tache A successivement couverte et découverte en partie par les nuages brillants du calcium; elles décèlent une protubérance variable et active qui est présentée par l'auteur comme une cause possible de l'orage terrestre.

Ces observations sont trop peu nombreuses pour permettre une conclusion, et je suis conduit à présenter celles de Meudon, plus complètes en ce sens qu'elles s'étendent aux couches supérieures de la chromosphère.

Nous avons utilisé quatre appareils : un photohéliographe confié à Coroyer; un petit spectrohéliographe, confié à Charpentier, qui donne les couches moyenne et basse avec les raies K_2 et K_1 du calcium; un grand spectrohéliographe de 14^m, confié à d'Azambuja, qui donne les couches supérieure, moyenne et basse avec la raie K du calcium et la raie H_α de l'hydrogène, et un spectro-enregistreur des vitesses radiales confié à Burson. Le temps a été couvert le 23 et variable le 24 et le 25; aussi n'a-t-on pu enregistrer la couche supérieure qu'avec l'hydrogène.

Les épreuves principales sont classées dans le Tableau ci-contre et les plus intéressantes sont reproduites dans les figures annexées.

Petit spectrohéliographe avec K.	Grand spectrohéliographe avec diverses parties de H_α.	Spectro-enregistreur des vitesses.
Le 24, K_2 à $8^h.12^m$	Couche haute à $9^h.20^m$	K à $10^h.5^m$
» K_2 à 8.24	» haute à 16.35	K à 10.15
» K_2 à 16.42		
Le 25, K_2 à 8.17	» basse à 8.18	H_α à 8.2
» K_2 à 8.35	» moyenne à 8.40	H_α à 8.53
» K_1 à 8.45	» haute 9.03	H_α à 9.27

La figure 1 représente la couche supérieure de l'hydrogène le 24 septembre à 4^h35^m du soir. Elle montre le caractère habituel de ces couches supérieures dans le calcium ou l'hydrogène, c'est-à-dire la présence des lignes noires, appelées *filaments*, qui remplacent les taches absentes ou diminuées, et ont une aire noire totale en général supérieure à celle des taches de la surface. C'est ainsi que la tache B n'est plus visible et la tache A est réduite à un point. Par contre, on aperçoit deux magnifiques filaments C et D reliés quelque peu à la tache A. Ces filaments étaient présents à la même place les jours précédents, et aussi, plus ou moins développés, pendant les deux rotations précédentes de l'astre. Or le lendemain 25, dans la matinée, à 9^h3^m, lors de la traversée du méridien central, ces filaments avaient disparu presque complètement, ne laissant

qu'une vague trace, là où existait une ligne noire bien tranchée. J'ai déjà signalé dans une Note précédente les filaments comme susceptibles d'avoir une action directe sur le magnétisme terrestre; ils sont toujours plus ou moins accompagnés de protubérances; de plus, la matière qui les constitue s'élève par rapport aux parties voisines et a, en général, des mouvements plus notables. Les changements qui les affectent sont favorables à l'émission des rayonnements spéciaux et des particules électrisées, qui sont supposés donner naissance à l'action solaire.

De toute façon, la modification profonde du filament, un peu avant l'orage magnétique, est à noter. Elle a commencé, semble-t-il, dès le 24; car, le matin, le filament D était continu, et, le soir, divisé en nœuds qui sont le prélude de la dissolution [1]. Il faut regretter seulement de ne pas avoir d'épreuves similaires de la couche supérieure K_3 qui montre en général les filaments plus développés et les amorces de filaments reliées par des alignements.

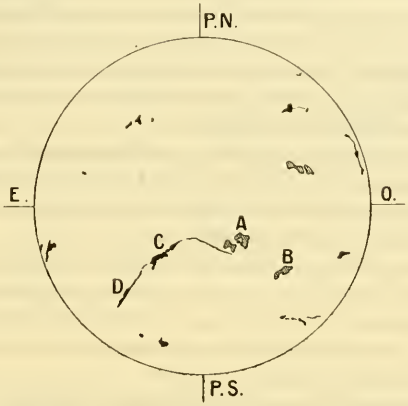
Sur cette épreuve de l'hydrogène, les alentours de la tache offrent aussi un filament courbe et de petites lignes noires fines, non représentés; mais, dans leur ensemble, ils n'ont pas l'aspect d'un tourbillon, ainsi que dans la plupart des taches relevées à Meudon; ce qui est contraire aux résultats publiés par Hale. En fait, le seul tourbillon net de la tache se trouve sur l'image de la surface, obtenue au même moment, et dans la pénombre qui montre des spires bien distinctes, presque circulaires.

Cette même tache A et ses alentours (représentés agrandis dans la figure 2) sont également curieux sur l'image K_2 du même jour, qui correspond à une couche moyenne. Du côté Ouest, la tache est entourée de filaments concentriques alternativement brillants et noirs, dont la disposition spéciale a été observée rarement. Ces filaments ont une forme nettement polygonale et, de plus, ils sont réunis à la tache B par une série de flocculi qui ont aussi la même forme. Cette structure spéciale, assez fréquente dans ce que j'ai appelé *le réseau chromosphérique*, a été signalée par moi en 1899 et 1909, et le dessin ci-contre en donne un exemple frappant. Cet assemblage de polygones a absolument l'aspect du réseau polygonal des cellules tourbillons dans les liquides; et si, comme il est probable d'après des mesures récentes de vitesse radiale, le gaz solaire est

---

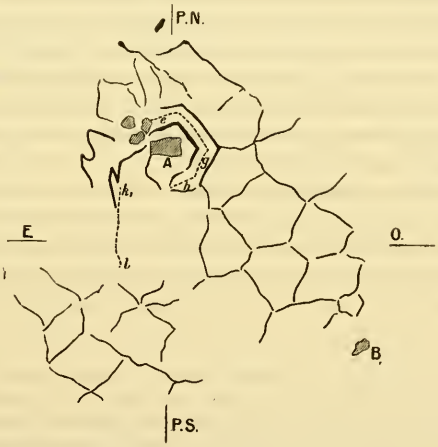
[1] J'ai rapproché déjà les filaments solaires des lignes noires appelées canaux de Mars. Or, ces derniers ont été signalés parfois aussi comme formés de nœuds alignés. Dans le Soleil, cette disposition n'est que transitoire.

Fig. 1. — Image de la couche supérieure de l'hydrogène, le 24 septembre de 16^h28^m à 16^h43^m, avec un grand spectrohéliographe à réseau de $1\frac{1}{4}^m$. La seconde fente, large de $0^A,14$, isole le centre de la raie H_α, large de $1^A,24$.



Les parties avec hachures correspondent aux plages brillantes de la couche au-dessus des facules. Les lignes et les points noirs correspondent aux filaments noirs et amorces de filaments, et aussi aux taches dont une seule est visible en A et diminuée.

Fig. 2. — Portion agrandie de l'image de la couche moyenne du calcium, le 24 septembre de 8^h23^m à 8^h25^m, avec un petit spectrohéliographe. La seconde fente, large de $0^A,90$, isole la raie K_2 du calcium.



Les détails sont représentés schématiquement et autrement que dans la figure 1. Les parties avec hachures correspondent aux portions visibles des taches, les lignes pointillées aux filaments noirs, et les lignes noires aux lignes brillantes de l'image ou aux flocculi.

descendant au-dessus du flocculus brillant et ascendant dans les intervalles, la similitude avec les tourbillons liquides serait complète, le sens des mouvements intérieurs étant aussi le même [1]. Cette division en tourbillons de contour polygonal n'est pas indiquée par les calculs théoriques de Helmholtz et d'Emden; elle est, dans les deux cas, pour le Soleil comme pour le liquide, révélée par l'expérience.

Cependant cette division en cellules, qui était encore nette le 24 au soir, implique un certain calme dans la région Ouest, autour de la tache; par contre, dans la région Est, les flocculi sont très irréguliers; c'est de ce côté, du côté des filaments, qu'est la perturbation.

D'autre part, les épreuves de vitesse radiale du même jour n'ont pas donné le résultat qu'on en pouvait attendre; elles ont été faites à un moment où les images étaient devenues mauvaises, et elles sont trop faibles. Elles montrent la vapeur brillante au-dessus de la tache A, signalée par W. Lockyer, et sans vitesse radiale notable.

Le 25, dans la couche moyenne, les filaments successifs concentriques à la tache A ont disparu, et les polygones entre A et B sont devenus moins nets.

Tels sont les principaux faits recueillis sur les épreuves solaires de Meudon, avant l'orage magnétique. Ils ne conduisent à aucune conclusion ferme sur le phénomène solaire vraiment actif; les observations étant encore, malgré tout, trop peu nombreuses et séparées par de trop longs intervalles, ainsi que dans tous les cas similaires précédents. Mais l'influence du filament et de ses variations apparaît clairement comme probable ou possible. D'ailleurs, les autres orages magnétiques, plus faibles, d'août, septembre et octobre 1909, relevés par Marchand et Cortie, ont pu être rattachés aussi plutôt à un filament qu'à une tache.

Il convient donc de suivre à ce point de vue et continûment ces lignes noires nouvelles des couches supérieures, au moins aussi importantes que les taches, et de multiplier les grands spectrohéliographes et les enregistreurs des vitesses qui relèvent leurs formes et leurs mouvements.

Je terminerai par quelques remarques sur les théories diverses qui expli-

---

[1] J'ai signalé aussi déjà la disposition inverse (*Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 493). Le flocculus brillant est au centre de la cellule dont le périmètre est formé par les intervalles noirs entre les flocculi. On aurait ainsi deux types de cellules tourbillons dont les filets tournent en sens opposé. Tous ces points seront élucidés par les épreuves de vitesse radiale, malheureusement très longues à mesurer

quent l'influence du Soleil sur la Terre. On peut les diviser en deux groupes, d'après la nature de l'action solaire supposée qui se propage dans toutes les directions de l'espace ou seulement dans un cône aigu dirigé vers la Terre. Au premier groupe se rattachent le rayonnement ultraviolet de Shuster, le rayonnement hertzien de Nordmann, le champ magnétique protubérantiel de Bosler; au second groupe, le rayonnement cathodique de Birkeland et Deslandres, et l'émission d'ions négatifs d'Arrhenius, par la pression de radiation. Toutes ces théories sont admissibles; or, on peut faire un départ entre les deux groupes, en suivant les comètes qui sont visibles lorsque la Terre subit un orage magnétique. D'après les théories, la comète doit être aussi modifiée, et dans les théories du premier groupe au même moment que sur la Terre.

En ce qui me concerne, je ne rejette aucune théorie et j'admets même que toutes les actions supposées peuvent être simultanées. Mais j'ai considéré surtout le rayonnement cathodique, qui est le phénomène principal des tubes à vide auxquels l'espace interplanétaire est assimilable en remarquant qu'il suffit à tout expliquer ([1]).

Il explique le retard de 45 heures de l'orage terrestre par rapport au passage de la tache active au méridien central. Le rayon qui part de la tache, d'abord normal au Soleil, est courbé dans le champ magnétique extérieur que forment les corpuscules circulant autour du Soleil à grande vitesse, surtout dans le sens direct, et chargés positivement par la lumière ultraviolette ([2]). Le sens et la grandeur du champ peuvent être tels que la déviation produite impose un retard moyen de 45 heures ([3]).

Le rayon cathodique solaire est alors comparable à la spire d'une nébuleuse, et j'ai été conduit ainsi à une théorie des nébuleuses (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 1902, p. 1134 et 1285) qui comporte un champ magnétique analogue et deux rayons cathodiques courbés. Mais alors la lumière des deux spires de la nébuleuse doit être polarisée, ce qu'il est

---

([1]) J'admets aussi tous les autres rayons des tubes à vide, rayons secondaires, X, anodiques, et ceux des corps radioactifs.

([2]) Dans cette hypothèse, l'arrivée du rayon à la Terre dépendrait de causes multiples et variables; elle serait accidentelle. D'où l'allure capricieuse du phénomène, qui n'aurait pas, en fait, de loi accessible pour nous.

([3]) J'ai calculé jadis qu'un courant circulaire équatorial de 300 unités C.G.S. d'intensité, et de même sens que la rotation solaire, produirait l'inflexion voulue du rayon cathodique, de vitesse égale à 10^{10}. Le rayon n'est pas dévié par le champ magnétique dû à la rotation des ions solaires, puisqu'il tourne avec eux.

possible de vérifier, en particulier sur les nébuleuses qui se présentent par la tranche. Une théorie est utile lorsqu'elle suggère des expériences nouvelles.

Enfin, dans cet ordre d'idées, la tache solaire peut offrir un phénomène analogue. Le champ magnétique reconnu par Hale doit courber les filets gazeux ionisés qui, d'après Evershed, se rapprochent du centre de la tache; d'où peut-être les spires qui sont observées dans la chromosphère moyenne et supérieure autour de certaines taches et seraient alors un effet et non la cause du champ magnétique [1]. De plus, chaque ion solaire mobile subit le champ électrostatique et électromagnétique de tous les autres. Comme l'effet n'est pas le même pour les atomes de masse différente, on aurait là une explication des différences que présentent les images du calcium et de l'hydrogène dans l'atmosphère solaire.

M. J. Carpentier présente à l'Académie, et fait fonctionner en séance, un *Fréquencemètre* qu'il a réalisé sur les indications du Commandant Ferrié, à qui notre armée est, pour une bonne part, redevable de l'organisation de ses services de télégraphie sans fil.

Ce qui mérite d'attirer l'attention sur l'appareil dont il s'agit, c'est que c'est un spécimen d'une nouvelle famille d'instruments de mesure. La particularité qu'il offre s'aperçoit à première vue. Bien que de forme semblable aux ampèremètres et voltmètres que tout le monde connaît, pour les avoir vus sur les tableaux de distribution, il comporte sur son cadran, non pas une, mais deux aiguilles rectilignes mobiles autour de centres éloignés l'un de l'autre. Ces deux aiguilles se meuvent dans deux plans parallèles extrêmement voisins, mais elles ne peuvent se toucher. Cependant, leur point de croisement est facile à observer, et c'est en relevant la position de ce point sur le plan du cadran qu'on lit l'indication que l'appareil est destiné à donner. Pour faciliter la lecture et ne point surcharger de chiffres le cadran, celui-ci a reçu le tracé d'une série de courbes d'équifréquence, rappelant les courbes de niveau des cartes géographiques; chacune de ces courbes porte un nombre qui la repère : c'est

---

[1] Ces spires (attribuables aussi à la rotation de l'astre) ont, en fait, une faible inflexion; aussi le champ magnétique qu'elles subissent ou qu'elles produisent doit être également faible. On en conclut que le champ magnétique intense, de 3000 unités, annoncé par Hale, doit avoir son origine plus bas, près de la surface, ou peut-être au-dessous.

précisément ce nombre que l'on doit lire quand le point de croisement des aiguilles tombe sur la courbe correspondante. Telle est la disposition qui caractérise la nouvelle famille des instruments à deux aiguilles.

Un instrument à deux aiguilles n'est, en fait, que la réunion, dans un même boisseau, de deux instruments indépendants portant chacun son aiguille. Chacun de ces deux instruments est approprié à la mesure d'une grandeur d'où dépend la grandeur à déterminer, véritable fonction à deux variables, et le tracé que porte le cadran joue le rôle d'un abaque permettant de déterminer cette fonction sans calcul.

La fréquence d'un courant alternatif, ou le nombre de fois qu'il change de sens en une seconde, peut être déterminée par divers procédés. Il n'en est guère qui soit plus simple, plus rapide, plus étendu que l'emploi du nouveau Fréquencemètre Ferrié.

Le petit appareillage qu'il exige comporte deux circuits disposés pour être, l'un et l'autre, reliés en dérivation sur les pôles de la source alternative dont la fréquence est à déterminer.

L'un des circuits, sensiblement dépourvu de self, présente une résistance ohmique r; l'autre circuit, de résistance ohmique négligeable, possède une self dont le coefficient l est supposé constant dans les limites des mesures auxquelles est destiné l'appareil.

$E_{eff.}$ étant la tension entre les pôles de la source, les intensités qui traversent les deux circuits sont respectivement

$$i_1 = \frac{E_{eff.}}{r}, \qquad i_2 = \frac{E_{eff.}}{l\omega};$$

d'où

$$\omega = \frac{i_1}{i_2} \times \frac{r}{l} = k\frac{i_1}{i_2}.$$

La fréquence est fonction seulement des deux intensités. Pour la déterminer, il suffit donc de déterminer i_1 et i_2. C'est à quoi sert le Fréquencemètre Ferrié, composé simplement de la réunion de deux galvanomètres thermiques, de résistance et de self négligeables. L'un des galvanomètres s'insère dans le premier circuit, l'autre dans le deuxième, et leurs deux aiguilles, par leur point de croisement, fournissent la mesure cherchée, comme il a été dit plus haut.

Dans le cas particulier qui vient d'être examiné, où la fonction est un simple rapport, les courbes se présentent sous la forme d'un éventail. Pour compléter le réseau et étendre les ressources qu'offre l'appareil, on peut repérer empiriquement sur chaque branche de courbe, c'est-à-dire pour chaque fréquence, des points correspondant aux différentes tensions. En joignant les points d'égale tension par de nouvelles lignes d'une couleur spéciale, on superpose un deuxième réseau au premier,

et l'on acquiert le moyen de connaître simultanément la fréquence et la tension de la source étudiée.

Il va sans dire qu'en modifiant convenablement les circuits auxiliaires, et déplaçant les positions zéro des aiguilles, on peut réaliser des Fréquencemètres d'échelles variées. C'est ainsi que, moyennant en outre certaines précautions dans la constitution de ces circuits et des galvanomètres, le Fréquencemètre s'applique aux courants de haute fréquence et devient un Ondemètre.

La mesure des résistances, la mesure des inductances, la mesure des capacités peuvent se faire au moyen d'un appareillage semblable, en remplaçant l'un au moins des circuits auxiliaires par l'élément à mesurer ou des grandeurs de comparaison. Les fonctions correspondant à ces grandeurs se réduisent encore à des rapports et se traduisent par des réseaux en éventail. Tous ces instruments et d'autres encore ont été réalisés.

On peut également mesurer des fonctions se ramenant à un produit, telles que la puissance dépensée dans un circuit. Le réseau dans ce cas change d'allure.

Mais il est facile de comprendre que ce procédé s'appliquerait encore, alors que la fonction ne pourrait recevoir d'expression algébrique ; c'est même dans ce cas que s'affirmerait sa supériorité.

Enfin, on conçoit qu'il serait applicable à la mesure de grandeurs non électriques, mais quelconques, et cela, par l'emploi de deux instruments dont les index n'auraient même pas besoin d'être des aiguilles.

M. J. Carpentier présente à l'Académie une *petite balance de précision* qui a été combinée et construite par M. Collot, dans le but d'abréger considérablement les pesées. Le modèle présenté a une portée de 100^g.

Ce qui frappe à première vue quand on assiste à une pesée faite avec cette balance, c'est que l'opérateur n'y emploie aucun des poids communément en usage. Après avoir ouvert, *une seule fois*, la cage de l'instrument, pour introduire le corps à peser, il se contente de manœuvrer un certain nombre de boutons disposés extérieurement, tout en suivant de l'œil les mouvements du fléau, mouvements fort réduits par un très bon amortisseur. Quand l'équilibre est établi, la pesée est terminée.

L'opérateur lit alors sur les boutons de manœuvre les nombres que leur déplacement a mis en évidence et il en fait la somme : le total trouvé exprime le poids du corps à un décigramme près. Veut-il connaître ce poids

avec une approximation plus grande? Il vise, au travers d'un microscope, disposé au centre de la cage, un micromètre posté sur l'aiguille du fléau et lit un nombre indiquant ce qu'il faut ajouter de dixièmes de milligramme à la fraction principale déjà connue. L'opération a duré au total un temps très court.

Cette opération exige, cela va sans dire, l'intervention de poids étalonnés. Mais, dans la balance de M. Collot, ces poids font, pour ainsi dire, comme il va être expliqué, partie intégrante de l'instrument.

A l'extrémité droite du fléau, par l'intermédiaire de deux étriers indépendants, s'enveloppant, sont suspendus deux plateaux fort rapprochés l'un de l'autre. Le plateau supérieur est destiné à recevoir le corps à peser; sur le plateau inférieur, très ajouré, repose une série de huit poids de valeurs respectivement égales à :

grammes : 50, 20, 10, 10, 5, 2, 1 et 1.

Les cinq premiers ont la forme d'anneaux plats, de diamètre décroissant, logés concentriquement les uns dans les autres; les trois derniers se réduisent à de petits cylindres bas et sont disposés à l'intérieur du plus petit anneau. Au moyen de broches verticales que l'on fait, quand on veut, saillir du socle de la balance au moyen des boutons de manœuvre dont il a été question plus haut, chacun de ces poids peut être individuellement soulevé, et le plateau porte-poids peut être soulagé d'un nombre quelconque de grammes compris entre 1 et 99.

D'autre part, sur une barrette fixée à la partie supérieure de l'étrier du plateau porte-poids sont achevalés quatre cavaliers en fil métallique pesant respectivement :

décigrammes : 5, 2, 2 et 1.

Ces cavaliers, eux aussi, peuvent être soulevés au moyen de crochets commandés par des boutons extérieurs, et former un appoint variable s'ajoutant à la combinaison des poids reposant sur le plateau.

Quant au micromètre porté par l'aiguille et observé par le microscope, ce qu'il fait connaître, cela va de soi, c'est l'inclinaison sous laquelle le fléau a pris son équilibre ; mais cette inclinaison, grâce à un tarage préalable, se traduit immédiatement en un nombre de dixièmes de milligramme.

Pour effectuer une pesée avec la balance Collot, on procède de la manière suivante :

On met en charge complète le plateau porte-poids (qui pend à droite du

fléau) et dans le plateau de gauche on place une tare équilibrant exactement les 100 grammes engagés.

Si le corps à peser était alors placé dans son plateau, il formerait surcharge. La manœuvre des boutons a précisément pour but d'enlever une combinaison de poids équivalente à cette surcharge, et leur chiffraison doit en indiquer la valeur. Aussi, avant l'introduction de la surcharge, tous les boutons marquent-ils zéro; après l'introduction, tous les boutons amenés dans la position correspondant à l'enlèvement d'un poids présentent, à la vue, la valeur de ce poids.

Sans qu'il soit nécessaire d'entrer plus avant dans le détail des opérations, dont il suffit ici de saisir le sens, on conçoit quelles commodités présente la balance Collot.

Mais les mérites réels de cet instrument sont plus profonds que ne le font apercevoir ces premières apparences. Ils portent sur trois points capitaux :

1° La pesée est faite à l'abri des agitations de l'air et soustraite aux troubles qui en seraient la conséquence.

2° La pesée est faite par la méthode de la double pesée. En effet, elle résulte bien de la substitution, *du même côté de la balance*, de poids marqués au corps à peser. Elle est donc à l'abri des erreurs à provenir de l'inégalité des deux bras du fléau.

3° La pesée est faite sous charge constante. En effet, le fléau porte toujours à ses deux extrémités des poids équivalant à 100^g. La pesée est donc indépendante de la déformation du fléau, laquelle demeurant constante n'intervient que dans le tarage initial de sa sensibilité.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces à courbure totale constante qui correspondent à des systèmes singuliers d'ordre quelconque.* Note de M. C. Guichard.

Soit q_n une solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 q}{\partial u\,\partial v} = q\cos\varphi, \tag{1}$$

où φ satisfait à l'équation

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\,\partial v} = \sin\varphi. \tag{2}$$

Je détermine r_n et p_n par les équations

$$r_n = \frac{\partial q_n}{\partial v}, \tag{3}$$

$$\frac{\partial p_n}{\partial u} = q_n \sin\varphi, \qquad \frac{\partial p_n}{\partial v} = r_n \frac{\partial \varphi}{\partial v}. \tag{4}$$

On vérifie facilement que

$$q_{n+1} = p_n \frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{\partial r_n}{\partial v} \tag{5}$$

est une solution de l'équation (1). On a ainsi une transformation de l'équation (1) que j'ai étudiée [*Sur les surfaces à courbure totale constante*, etc. (*A. E. N.*, 1890)].

Je vais montrer d'abord que, si l'on prend

$$q_1 = \frac{\partial \varphi}{\partial v},$$

on peut former explicitement tous les termes p_n, q_n, r_n. On a d'abord

$$r_1 = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}, \qquad p_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial v}\right)^2.$$

Je pose ensuite

$$\left\{\begin{array}{ll} S_{i,i} = \frac{1}{2}(p_i^2 + r_i^2), & S_{i,k} = p_i p_k + r_i r_k, \\ T_{i,i} = \frac{1}{2} q_i^2, & T_{i,k} = q_i q_k. \end{array}\right. \tag{6}$$

En différentiant par rapport à u et par rapport à v on trouve

$$\left\{\begin{array}{ll} \frac{\partial S_{i,i}}{\partial u} = q_i \frac{\partial q_{i+1}}{\partial u}, & \\ \frac{\partial S_{i,i}}{\partial v} = q_{i+1} \frac{\partial q_i}{\partial v}, & \\ \frac{\partial S_{i,k}}{\partial u} = q_i \frac{\partial q_{k+1}}{\partial u} + q_k \frac{\partial q_{i+1}}{\partial u}, & \frac{\partial S_{i,k}}{\partial v} = q_{i+1} \frac{\partial q_k}{\partial v} + q_{k+1} \frac{\partial q_i}{\partial v}, \\ \frac{\partial T_{i,i}}{\partial u} = q_i \frac{\partial q_i}{\partial u}, & \frac{\partial T_{i,i}}{\partial v} = q_i \frac{\partial q_i}{\partial v}, \\ \frac{\partial T_{i,k}}{\partial u} = q_i \frac{\partial q_k}{\partial u} + q_k \frac{\partial q_i}{\partial u}, & \frac{\partial T_{i,k}}{\partial v} = q_i \frac{\partial q_k}{\partial v} + q_k \frac{\partial q_i}{\partial v}. \end{array}\right. \tag{7}$$

Cela posé, si l'on remarque que les équations (4) s'écrivent aussi

$$\frac{\partial p_n}{\partial u} = q_n \frac{\partial q_1}{\partial u}, \qquad \frac{\partial p_n}{\partial v} = q_1 \frac{\partial q_n}{\partial v},$$

on vérifie qu'on a

$$p_n = T_{1,n} - S_{1,n-1} + T_{2,n-1} - S_{2,n-2} + \ldots, \tag{8}$$

où l'on poursuit la série jusqu'à ce que le premier indice ne surpasse pas le second; on peut donc calculer de proche en proche p_n, q_n, r_n. Ces expressions ne renferment que les dérivées de φ par rapport à v; q_n jusqu'à l'ordre $2n-1$; r_n jusqu'à l'ordre $2n$.

De l'équation (2) et de celles qui s'en déduisent par des différentiations par rapport à v, on obtient les valeurs suivantes des dérivées de φ prises une fois par rapport à u et un nombre quelconque de fois par rapport à v :

$$\frac{\partial}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v} = \sin\varphi, \qquad \frac{\partial}{\partial u}\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} = \cos\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad \ldots \tag{9}$$

Si maintenant j'ai une expression qui ne contient que les dérivées de φ par rapport à v, la dérivée de cette expression par rapport à u sera, en tenant compte des équations (9), de la forme

$$A\cos\varphi + B\sin\varphi,$$

A et B ne contenant que les dérivées de φ par rapport à v.

Je dis que si l'on opère sur p_n et q_n on aura *identiquement*

$$\frac{\partial p_n}{\partial u} = q_n\sin\varphi, \qquad \frac{\partial r_n}{\partial u} = q_n\cos q. \tag{10}$$

En effet, les deux membres d'une équation (10) deviennent égaux si φ est solution de l'équation (2); si les deux membres n'étaient pas identiques, on en conclurait que toute solution de l'équation (2) est solution d'une équation de la forme (10), ce qui est évidemment impossible.

Cela posé, j'arrive au théorème fondamental de cette Note.

Théorème. — *Si $a_1, a_2, \ldots, a_n$ sont des constantes arbitraires, il existe des fonctions φ qui satisfont aux deux équations*

$$\left\{\begin{aligned} \sin\varphi &= a_1 r_1 + a_2 r_2 + \ldots + a_n r_n, \\ \frac{\partial\varphi}{\partial u} &= a_1 q_1 + a_2 q_2 + \ldots + a_n q_n. \end{aligned}\right. \tag{11}$$

On voit tout de suite que ces fonctions φ sont solutions de l'équation (2). La première de ces équations ne contient pas u; elle est d'ordre $2n$. Pour montrer que le système (11) a des solutions, j'opère ainsi : je prends la seconde équation et celles qui s'en déduisent par des dérivations successives

par rapport à v; en tenant compte de la première, je puis exprimer toutes les dérivées prises une seule fois par rapport à u à l'aide de φ, $\frac{\partial\varphi}{\partial v}$, ..., $\frac{\partial^{2n-1}\varphi}{\partial v^{2n-1}}$; je porte les valeurs ainsi obtenues dans la dérivée de la première équation prise par rapport à u; je dis que *j'obtiens une identité*.

En effet, le premier membre devient

$$\cos\varphi(a_1q_1 + a_2q_2 + \ldots + a_nq_n).$$

D'autre part, si l'on fait le calcul que je viens d'indiquer, on trouve tout de suite

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = \sin\varphi,$$

donc les dérivées prises une seule fois par rapport à u, ou les valeurs (9); le second membre

$$a_1\frac{\partial r_1}{\partial u} + a_2\frac{\partial r_2}{\partial u} + \ldots + a_n\frac{\partial r_n}{\partial u}$$

est donc égal (équations 10) à

$$\cos\varphi(a_1q_1 + a_2q_2 + \ldots + a_nq_n).$$

On voit facilement quel est le degré de généralité du système (11); on pourra pour $u = v = 0$ prendre arbitrairement les valeurs de φ, $\frac{\partial\varphi}{\partial v}$, ..., $\frac{\partial^{2n-1}\varphi}{\partial v^{2n-1}}$; on pourra calculer alors les valeurs initiales de toutes les autres dérivées de φ. Il entre donc, en dehors des a, $2n$ constantes dans la solution générale du système (11).

Multiplions la première des équations (11) par $\frac{\partial\varphi}{\partial v}dv$, la seconde par $\sin\varphi\,du$; on aura, en ajoutant et intégrant,

$$(12)\qquad a_1p_1 + a_2p_2 + \ldots + a_np_n + \omega = -\cos\varphi,$$

ω étant une constante qui peut prendre une valeur arbitraire.

Prenons la dérivée de la première des équations (11), ajoutons au résultat l'équation (12) multipliée par $\frac{\partial\varphi}{\partial v}$; on aura, en tenant compte de la formule (5),

$$(13)\qquad a_1q_2 + a_2q_3 + \ldots + a_nq_{n+1} + \omega q_1 = 0.$$

Les solutions du système (11) sont donc telles qu'il existe une relation linéaire entre q_1, q_2, ..., q_{n+1}. On démontre facilement l'inverse.

Cette propriété rattache ces solutions aux systèmes singuliers. On démontre facilement, en partant de là, l'existence de systèmes singuliers d'ordre quelconque et dont les racines de l'équation caractéristique peuvent avoir des valeurs arbitraires.

On peut obtenir ainsi de nouvelles surfaces à courbure totale constante qui, non seulement, sont bien distinctes de celles qui sont connues, mais qui, de plus, ne peuvent pas s'en déduire par l'application de la transformation Bianchi-Bäcklund.

M. **W. Kilian** fait hommage à l'Académie de divers travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie du sud-ouest de la France et des Iles Seymour et Snow-Hill (Expédition du Dr Otto Nordenskjöld au pôle Sud, 1901-1903). Plusieurs de ces travaux ont été publiés en collaboration avec MM. Termier, M. Boule, Ch. Depéret, Ém. Haug, Jules Lambert, P. Reboul.

ÉLECTIONS.

M. le **Ministre de l'Intérieur** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui remplacera, dans le *Conseil d'administration de la fondation Carnegie*, M. *Bouquet de la Grye*, décédé.

Il est procédé au vote.

M. **G. Darboux**, ayant réuni la majorité des suffrages, sera désigné à M. le Ministre de l'Intérieur.

CORRESPONDANCE.

Mme Vve **Raphael Ritz** adresse à l'Académie des remercîments pour la distinction qui a été accordée aux travaux de son fils, M. *Walter Ritz*, récemment décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Souvenir de l'excursion des touristes français venus en Roumanie à l'occasion de la croisière de* l'Ile-de-France *du* 23 *au* 29 *septembre* 1909.

2° Les Tomes I (année 1905) et II (année 1907) des *Annales du Bureau central météorologique de France*, publiés par A. Angot.

3° *Compte rendu des travaux du IXe Congrès international de Géographie*, Genève, 27 juillet-6 août 1908, t. I; par Arthur de Claparède.

4° *Collectio nominum Brotherianorum et indicis bryologici*, auctore E.-G. Paris. (Pour le concours du prix Montagne.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de M. W. Stekloff (théorème généralisé de Jacobi) et les formules généralisées de la transformation de contact.* Note [1] de M. **G. Russyan.**

Je vais présenter une généralisation du théorème de M. W. Stekloff, démontré dans les *Comptes rendus*, 18 janvier 1909.

Les formules obtenues représentent la généralisation de celles de la transformation de contact.

Le théorème de M. W. Stekloff s'exprime comme il suit :

Si, en vertu de $2n-q\,(q\leqq n)$ équations

$$f_i(x_1, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n) = \alpha_i \qquad (i=1, 2, \ldots, 2n-q),$$

l'expression différentielle

$$p_1\,dx_1 + p_2\,dx_2 + \ldots + p_n\,dx_n$$

devient la différentielle exacte dU, les $2n-q$ fonctions

$$F(x_1, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n),$$

déterminées par les équations

$$F_i = \frac{\partial U}{\partial \alpha_i} - \sum{}^s p_s \frac{dx_s}{\partial \alpha_i} \qquad (i=1, 2, \ldots, 2n-q),$$

satisfont aux relations

$$(1) \qquad (f_m, F_i) = \sum_1^{2n-q}{}^s A_{is}(f_m, f_s) + \varepsilon_{mi} \qquad (\varepsilon_{mi}=0,\ m\neq i;\ \varepsilon_{mi}=1,\ m=i),$$

[1] Reçue dans la séance du 13 décembre 1909.

où (f_m, F_i), (f_m, f_s) *désignent les parenthèses de Poisson, prises par rapport aux variables* x, p [1].

On peut énoncer ce théorème de la manière suivante : *Si l'expression différentielle*

$$dU - F_i\,df_1 - \ldots - F_{2n-q}\,df_{2n-q} \qquad (q \geqq n)$$

se réduit à la forme canonique

$$p_1\,dx_1 + \ldots + p_n\,dx_n,$$

on a toujours les relations (1) [2].

On peut généraliser ce théorème et le compléter de la manière suivante :

Si l'expression différentielle

$$dX_0 - P_1\,dX_1 - \ldots - P_m\,dX_m,$$

où X_0, $X_i (i = 1, 2, \ldots, m)$ *sont indépendants, se réduit à la forme canonique*

$$\rho(dz - p_1\,dx_1 - \ldots - p_n\,dx_n) \qquad (m \geqq n),$$

les variables X_0, X_i, $P_i (i = 1, 2, \ldots, m)$, *exprimées en fonction des* z_1,

---

(1) A savoir

$$(f_m, F_i) = \sum_1^n{}_s \left(\frac{\partial F_i}{\partial x_s} \frac{\partial f_m}{\partial p_s} - \frac{\partial F_i}{\partial p_s} \frac{\partial f_m}{\partial x_i} \right).$$

(2) S. Lie a démontré (*Math. Ann.*, B. XI, § 1, p. 467, Satz 2) que si

$$dU + F_1\,df_1 + \ldots + F_r\,df_r = p_1\,dx_1 + \ldots + p_n\,dx_n,$$

et si

$$(f_1, f_i) = 0 \qquad (i = 2, 3, \ldots, r),$$

on a entre autres relations

$$(f_1, F_1) = 1, \qquad (f_1, F_k) = 0 \qquad (k = 2, \ldots, n),$$

où

$$(f_1, F_i) = \sum_1^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_s} \frac{\partial F_i}{\partial p_s} - \frac{\partial f_1}{\partial p_s} \frac{\partial F_i}{\partial x_s} \right).$$

On voit que ce dernier théorème n'est pas identique avec celui de M. W. Stekloff, contrairement à l'affirmation de M. N. Saltykoff (*Comptes rendus*, 30 août 1909).

x, p, satisfont aux équations

$$(X_k, P_i) = \sum_1^m {}_\lambda A_{\lambda i}(X_k, X_\lambda) + \rho\varepsilon_{ki} \qquad [\varepsilon_{ki} = 0, k \neq i; \varepsilon_{ki} = 1, k = i\,(k, i = 1, 2, \ldots, m)];$$

$$(X_0, P_i) = \sum_1^m {}_\lambda A_{\lambda i}(X_0, X_\lambda) + \rho P_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m),$$

$$(P_k, P_i) = \sum_1^m {}_{\lambda\mu} A_{\lambda\mu}^{ki}(X_\lambda, X_\mu) \qquad (k, i = 1, 2, \ldots, m).$$

où

$$A_{\lambda i} = \frac{\partial P_\lambda}{\partial X_i} + P_i \frac{\partial P_\lambda}{\partial X_0}, \qquad A_{\lambda\mu}^{ki} = A_{\lambda k} A_{\mu i} - A_{\mu k} A_{\lambda i} \qquad (i, \lambda, \mu = 1, 2, \ldots, m)$$

et

$$(\Phi, F) = \sum_1^n {}_s \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_s} + p_s \frac{\partial \Phi}{\partial z}\right) \frac{\partial F}{\partial p_s} - \frac{\partial \Phi}{\partial p_s}\left(\frac{\partial F}{\partial x_s} + p_s \frac{\partial F}{\partial z}\right).$$

Si les variables $P_i (i = 1, 2, \ldots, m)$, exprimées en fonction des X_0, $X_i (i = 1, 2, \ldots, m)$ dépendent encore de $2n - m$ des variables x, p, que nous appelons x_s, p_t, on a encore

$$\sum_1^m {}_i (X_k, X_i) \frac{\partial P_i}{\partial x_s} = 0, \qquad \sum_1^m {}_i (X_k, X_i) \frac{\partial P_i}{\partial p_t} = 0 \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, m).$$

On voit aisément que ces formules représentent la généralisation de celles de la transformation de contact, qui s'obtiennent dans la supposition $m = n$.

On démontre ces relations par la méthode connue de M. G. Darboux, employée dans la théorie de la transformation de contact, en partant des relations

$$dX_0 - P_1\, dX_1 - \ldots - P_m\, dX_m = \rho(dz - p_1\, dx_1 - \ldots - p_n\, dx_n),$$
$$\delta X_0 - P_1\, \delta X_1 - \ldots - P_m\, \delta X_m = \rho(\delta z - p_1\, \delta x_1 - \ldots - {}_n p\, \delta x_n).$$

où δz, δx_i, δp_i, dz, dx_i, $dp_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ sont deux systèmes quelconques des accroissements des valeurs des variables z, x_i, p_i. Il s'ensuit que

$$\sum_1^m {}_i (\delta P_i\, dX_i - dP_i\, \delta X_i) - d\rho\left(\delta z - \sum_1^n {}_j p_j\, dx_j\right) + \delta\rho\left(dz - \sum_1^n {}_j p_j\, dx_j\right)$$
$$= \rho \sum_1^n {}_j (\delta p_j\, dx_j - dp_j\, \delta x_j).$$

En supposant que $dz = \sum_1^n {}_j\, p_j dx_j$, $\delta z = \sum_1^m {}_j\, p_j \delta x_j$ et en égalant les coefficients des accroissements arbitraires δx_j, $\delta p_j (j = 1, 2, \ldots, n)$, nous obtenons

$$\rho\, dx_j = \sum_1^m {}_i \left(\frac{\partial P_i}{\partial p_j} dX_i - \frac{\partial X_i}{\partial p_j} dP_i \right),$$

$$-\rho\, dp_j = \sum_1^m {}_i \left[\left(\frac{\partial P_i}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial P_i}{\partial z} \right) dX_i - \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial X_i}{\partial z} \right) dP_i \right],$$

où

$$dX_i = \sum_1^n {}_j \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial X_i}{\partial z} \right) dx_j + \sum_1^n {}_j \frac{\partial X_i}{\partial p_j} dp_j,$$

$$dP_i = \sum_1^n {}_j \left(\frac{\partial P_i}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial P_i}{\partial z} \right) dx_j + \frac{\partial P_i}{\partial p_j} dp_j$$

$$(i = 1, 2, \ldots, m).$$

Si $u(z, x, p)$ est une fonction quelconque des z, x, p, et si

$$du = \sum_1^n {}_j \left(\frac{\partial u}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial u}{\partial z} \right) dx_j + \sum_1^n {}_j \frac{\partial u}{\partial p_j} dp_j,$$

il résulte des formules précédentes que

$$\rho\, du = \sum_1^m {}_i (u, P_i)\, dX_i - \sum_1^m {}_i (u, X_i)\, dP_i.$$

Les fonctions X_0, $X_i (i = 1, 2, \ldots, m)$ sont indépendantes par rapport à $m + 1$ des variables z, x, p, parmi lesquelles il y a, nous pouvons toujours le supposer, la variable z.

Si nous introduisons au lieu de ces dernières les variables nouvelles X_0, $X_i (i = 1, 2, \ldots, m)$, du et $dP_i (i = 1, 2, \ldots, m)$ auront la forme

$$du = \sum_1^m {}_j \left(\frac{\partial u}{\partial X_j} + P_j \frac{\partial u}{\partial X_0} \right) dX_j + \sum \frac{\partial u}{\partial x_s} dx_s + \sum \frac{\partial u}{\partial p_t} dp_t,$$

$$dP_i = \sum_1^m {}_j \left(\frac{\partial P_i}{\partial X_j} + P_j \frac{\partial P_i}{\partial X_0} \right) dX_j + \sum \frac{\partial P_i}{\partial x_s} dx_s + \sum \frac{\partial P_i}{\partial p_t} dp_t \qquad (i = 1, 2, \ldots, m),$$

car, en vertu de la relation

$$dz = \sum_1^n {}_j p_j \, dx_j,$$

on a

$$dX_0 = \sum_1 {}_j P_j \, dX_j.$$

En supposant $u = X_k (k = 1, 2, \ldots, m)$ et en égalant les coefficients des accroissements arbitraires dX_i, dx_s, dp_t, on obtient

$$(a) \qquad (X_k, P_i) = \sum_1^m {}_\lambda (X_k, X_\lambda) A_{\lambda i} + \rho \varepsilon_{ki} \qquad (\varepsilon_{ki} = 0, k \neq i; \varepsilon_{ki} = 1, k = i),$$

$$(b) \qquad \sum_1^m {}_\lambda (X_k, X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial x_s} = 0, \qquad \sum_1^m {}_\lambda (X_k, X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial p_t} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, m),$$

où

$$A_{\lambda i} = \frac{\partial P_\lambda}{\partial X_i} + P_i \frac{\partial P_\lambda}{\partial X_0}.$$

En posant $u = X_0$, il résulte de la même manière que

$$(c) \qquad (X_0, P_i) = \sum {}_\lambda (X_0 X_\lambda) A_{\lambda i} + \rho P_i,$$

$$(d) \qquad \sum_1^m {}_\lambda (X_0 X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial x_s} = 0, \qquad \sum_1^m {}_\lambda (X_0, X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial p_t} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Si enfin $u = P_k$, on a

$$(P_k, P_i) = \sum_1^m {}_\lambda (P_k X_\lambda) A_{\lambda i} + \rho A_{ki},$$

$$\sum_1^m {}_\lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial x_s} = 0, \qquad \sum_1^m {}_\lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial p_t} = 0.$$

La première de ces dernières relations devient, en vertu de (a),

$$(e) \qquad (P_k, P_i) = \sum_1^m {}_{\lambda\mu} (X_\lambda X_\mu) A_{\lambda\mu}^{ki},$$

où

$$A_{\lambda\mu}^{ki} = A_{\lambda k} A_{\mu i} - A_{\mu k} A_{\lambda i} \qquad (i, k, \lambda, \mu = 1, 2, \ldots, m).$$

Les deux dernières sont les conséquences des relations (b), de sorte que les relations indépendantes sont (a), (b), (c), (d), (e).

C. Q. F. D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Stieltjes et sur les opérations fonctionnelles linéaires.* Note de M. **Henri Lebesgue**, présentée par M. Émile Picard.

On désigne sous le nom d'*intégrale de Stieltjes*, et l'on représente par le symbole $\int_a^b f(x)\,d\alpha(x)$, l'opération fonctionnelle faisant correspondre à $f(x)$ un nombre défini de la façon suivante. Divisons l'intervalle (a, b) en un nombre fini d'intervalles partiels (x_i, x_{i+1}), dans chacun d'eux prenons un nombre ξ_i, formons la somme $\sum f(\xi_i)\,[\alpha(x_{i+1}) - \alpha(x_i)]$, puis passons à la limite en faisant tendre vers zéro le maximum des longueurs $x_{i+1} - x_i$.

Pour qu'il y ait intégrale de Stieltjes il faut que ce passage à la limite ait un sens; il en est ainsi comme l'a prouvé Stieltjes [1] dans le cas où, $f(x)$ étant continue, $\alpha(x)$ est une fonction croissante et par suite aussi lorsque, $f(x)$ étant continue, $\alpha(x)$ est à variation bornée. D'ailleurs, cette condition que $\alpha(x)$ soit à variation bornée est indispensable si l'on veut que $f(x)$ puisse être continue dans (a, b) mais non soumise à d'autres conditions; on le voit en faisant $f(x) \equiv 1$.

Je me bornerai à la considération de ce cas; f continue, α à variation bornée. C'est le seul qui a été, je crois, utilisé jusqu'ici.

A l'occasion d'un résultat très intéressant donné récemment par M. F. Riesz [2], je voudrais indiquer les liens étroits qu'il y a entre les intégrales de Stieltjes et les intégrales de fonctions sommables.

Soit $v(x)$ la variation totale de $\alpha(x)$ dans (a, x). Faisons l'inversion de cette fonction en convenant, si $v(x)$ est constante et de valeur v_0 dans tout un intervalle (l, m), de désigner par $x(v_0)$ l'une seulement des valeurs de (l, m); la plus petite l, par exemple.

Si $v(x)$ est discontinue pour $x = x_0$, $x(v)$ n'est pas définie dans l'intervalle $[v(x_0 - 0), v(x_0 + 0)]$, sauf pour la valeur $v(x_0)$; convenons que dans tout cet intervalle on aura $x(v) = x_0$.

Alors $\alpha[x(v)]$ a une valeur constante $\alpha(x_0)$ dans $[v(x_0 - 0), v(x_0 + 0)]$ et tend vers des valeurs déterminées $\alpha(x_0 - 0)$, $\alpha(x_0 + 0)$, quand v tend vers les extrémités de cet intervalle par valeurs extérieures à cet intervalle.

---

(1) *Recherches sur les fractions continues* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1894).

(2) *Sur les opérations fonctionnelles linéaires* (*Comptes rendus*, 29 novembre 1909).

Modifions $\alpha[x(v)]$ dans l'intervalle considéré, de façon qu'elle devienne linéaire dans chacun des intervalles $[v(x_0-0), v(x_0)]$, $[v(x_0+0), v(x_0)]$; nous obtenons ainsi une fonction $\beta(v)$ continue et à variation totale égale à v dans $(0, v)$. Or, il est évident qu'on a

$$A[f(x)] = \int_a^b f(x)\, d\alpha(x) = \int_0^{v(b)} f[x(v)]\, d\beta(v);$$

seulement cette fois $f[x(v)]$ n'est plus nécessairement continue, mais peut avoir des points de discontinuité de première espèce; par contre, $\beta(v)$ est continue et l'intégrale de Stieltjes existe.

Or, $\beta(v)$ est l'intégrale indéfinie d'une fonction sommable $\theta(v)$ ne prenant que les valeurs $+1$ et -1, et l'on voit de suite que $A[f(x)]$ *est égale à*

$$\int_0^{v(b)} f[x(v)]\, \theta(v)\, dv;$$

l'intégrale étant une intégrale de fonction sommable. D'ailleurs, quand $\alpha(x)$ est donnée, $x(v)$ et $\theta(v)$ sont entièrement déterminées, sauf au plus pour un ensemble de valeurs de v de mesure nulle.

La transformation d'une intégrale de Stieltjes en intégrale de fonction sommable peut se faire de bien d'autres manières, parfois très simplement, par exemple, quand $\alpha(x)$ est une intégrale indéfinie. Pour le cas général, en considérant $\alpha(x)$ comme la différence de deux fonctions partout croissantes, on voit qu'*étant donnée $\alpha(x)$ à variation bornée, on peut trouver des nombres K_1, K_2 et des fonctions continues non décroissantes $x_1(t)$, $x_2(t)$ telles que l'on ait*

$$A[f(x)] = \int_a^b f(x)\, d\alpha(x) = \int_0^1 \{K_1 f[x_1(t)] - K_2 f[x_2(t)]\}\, dt;$$

on arrive cette fois à une intégrale ordinaire de fonction continue. On a de plus

$$x_1(0) = x_2(0) = a, \qquad x_1(1) = x_2(1) = b.$$

L'intérêt que peuvent présenter ces transformations apparaîtra bien si nous nous en servons pour traduire l'énoncé donné par M. Riesz.

M. F. Riesz a prouvé que les intégrales de Stieltjes qui viennent d'être considérées sont les seules opérations fonctionnelles qui fassent correspondre un nombre $A[f(x)]$ à toute fonction $f(x)$ continue dans (a, b) et qui soient linéaires; c'est-à-dire telles que l'égalité $f = \Sigma f_i$, dans laquelle le

second membre est une série uniformément convergente, entraîne l'égalité $A(f) = \Sigma A(f_i)$. On a donc

$$A[f(x)] = \int_a^b f(x)\,d\alpha(x) = \int_0^M f[x(t)]\,\lambda(t)\,dt = \int_0 \{K_1 f[x_1(t)] - K_2 f[x_2(t)]\}\,dt.$$

Le second membre exprime le résultat de M. Riesz; $\alpha(x)$ est une fonction à variation bornée presque entièrement déterminée par $A[f(x)]$. Dans le troisième membre, $x(t)$ est une fonction non décroissante variant de a à b quand t varie de o à M, $\lambda(t)$ est une fonction sommable; si l'on prend $\lambda(t) = \pm 1$, M est déterminé; $x(t)$ et $\lambda(t)$ le sont presque partout. Les notations du quatrième membre sont précisées plus haut.

Parmi les avantages des deux dernières formes on peut noter, outre les énoncés à vérifier qu'elles suggèrent pour le cas des fonctions f à plusieurs variables, le fait de permettre le prolongement de l'opération $A(f)$, supposée connue pour les fonctions continues, à tout le champ des fonctions sommables bornées. On définit, en somme, ainsi l'intégrale de Stieltjes pour f sommable bornée, α à variation bornée; ce qu'il paraît difficile de faire sans changement de variable. Quant au prolongement obtenu, qui est évidemment unique, on peut le caractériser en disant que c'est le seul avec lequel on a le droit d'appliquer l'opération A terme à terme aux deux membres de l'égalité $f = \Sigma f_i$, la série du second membre étant uniformément convergente ou convergente et à termes positifs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formes quadratiques définies à une infinité de variables.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit $f(x)$ une fonction d'un nombre fini ou infini de variables. Considérons pour les valeurs de ces variables une suite indéfinie d'ensembles $E_1, E_2, \ldots$, dont chacun contienne le précédent; supposons que la fonction f soit définie dans tous les ensembles considérés et admette dans chacun d'eux, E_n, un minimum m_n. On a alors nécessairement

$$m_n \leqq m_{n+1}.$$

Par conséquent, si la fonction est bornée inférieurement, les nombres m_n tendent vers une limite déterminée quand n croît indéfiniment.

Cette remarque évidente, et la proposition corrélative pour le maximum,

sont susceptibles d'applications nombreuses et intéressantes dans la théorie des fonctions d'une infinité de variables, où l'on a souvent à considérer des ensembles de plus en plus étendus et dont chacun contient tous les précédents.

Elles s'appliquent, par exemple, à quelques-unes des propositions de M. Hilbert, relatives aux formes quadratiques infinies, et permettent d'apporter aux démonstrations des simplifications notables, tout en complétant les résultats par la suppression de restrictions inutiles.

L'application que nous allons en donner conduit à des résultats remarquables par leur grande généralité.

2. Considérons une forme quadratique réelle à une infinité de variables $x_1, x_2, \ldots,$

$$f(x) = \Sigma a_{ik} x_i x_k \qquad (a_{ik} = a_{ki}).$$

Si l'on attribue la valeur *zéro* à toutes les variables dont l'indice surpasse n, il reste une forme quadratique à n variables que nous désignons par $f_n(x)$. Notre seule hypothèse sera que $f_n(x)$ soit toujours définie positive quel que soit n. Si nous faisons $x_1 = 1$, les autres variables restant arbitraires, la forme f_n admet un minimum positif $m_{1,n}$.

D'après ce qui précède les nombres positifs non croissants $m_{1,n}$ tendent vers une limite μ_1, positive ou nulle, quand n croît indéfiniment. Nous appellerons μ_1 *le module* de la forme $f(x)$ relativement à la variable x_1. A chaque variable x_i correspond de même un module μ_i. Si tous les modules sont différents de *zéro*, on peut dire que la forme proposée $f(x)$ est elle-même *définie*. Il n'est pas nécessaire, pour cela, qu'il existe pour les modules une limite inférieure différente de zéro.

Un calcul très simple donne l'expression de la différence positive

$$m_{1,n-1} - m_{1,n}.$$

Soit Δ le discriminant de la forme f_n; nous représenterons les mineurs de Δ par la notation $\Delta^{\beta,\beta',\ldots}_{\alpha,\alpha',\ldots}$, les indices inférieurs correspondant aux lignes, les supérieurs aux colonnes supprimées.

On a

$$m_{1,n} = \frac{\Delta}{\Delta^1_1}, \qquad m_{1,n-1} = \frac{\Delta^n_n}{\Delta^{1,n}_{1,n}},$$

d'où

$$(1) \qquad m_{1,n-1} - m_{1,n} = \frac{\Delta\Delta^{1,n}_{1,n} - \Delta^1_1\Delta^n_n}{\Delta^1_1\Delta^{1,n}_{1,n}} = \frac{(\Delta^n_1)^2}{\Delta^1_1\Delta^{1,n}_{1,n}}.$$

La série ayant pour terme général $\frac{(\Delta_1^n)^2}{\Delta_1^1 \Delta_{1,n}^{1,n}}$ *est donc toujours, dans notre hypothèse, une série positive convergente.*

Nous poserons

$$\Delta_i^n = \varepsilon_{in} \sqrt{\Delta_i^i \Delta_{i,n}^{i,n}}.$$

3. *Lorsque la forme* $f(x)$ *est définie, les valeurs des variables qui correspondent au minimum de* f_n, *dans l'hypothèse* $x_1 = 1$, *tendent également vers des limites déterminées pour* n *infini.*

Cette proposition qui a une grande importance pour la théorie des équations linéaires à une infinité d'inconnues, résulte de la remarque précédente.

En effet, soit $x_{2,n}$ la valeur de la variable x_2 qui correspond au minimum de f_n, pour $x_1 = 1$.

On a

$$x_{2,n} = -\frac{\Delta_1^2}{\Delta_1^1}.$$

De l'identité

$$\Delta_1^1 \Delta_2^2 - (\Delta_1^2)^2 = \Delta_{1,2}^{1,2} \Delta,$$

nous tirons

$$(2) \qquad \left(\frac{\Delta_1^2}{\Delta_1^1}\right)^2 = \frac{\Delta_2^2}{\Delta_1^1} - \frac{\Delta_{1,2}^{1,2}}{\Delta_1^1} \frac{\Delta}{\Delta_1^1}.$$

Faisons croître n indéfiniment, et désignons par $\mu_{2,1}$ le module relatif à x_2, de la forme définie positive qu'on déduit de $f(x)$ en y faisant $x_1 = 0$.

L'équation (2) donne alors

$$(3) \qquad \lim \left(\frac{\Delta_1^2}{\Delta_1^1}\right)^2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} - \frac{\mu_1}{\mu_{2,1}}.$$

Donc $(x_{2,n})^2$ tend vers une limite déterminée. Pour démontrer qu'il en est de même de $x_{2,n}$, il suffira de faire voir que la différence $x_{2,n-1} - x_{2,n}$ tend vers zéro pour n infini. Par des réductions faciles, cette différence prend la forme

$$(4) \qquad x_{2,n-1} - x_{2n} = \frac{\Delta_1^n(\Delta_1^1 \Delta_2^n - \Delta_1^2 \Delta_1^n)}{\Delta_1^1[\Delta_1^1 \Delta_n^n - (\Delta_1^n)^2]} = \frac{\varepsilon_{1,n}\left(\varepsilon_{2,n}\sqrt{\frac{\Delta_2^2 \Delta_{2,n}^{2,n}}{\Delta_1^1 \Delta_{1,n}^{1,1}}} - \frac{\Delta_1^2}{\Delta_1^1}\varepsilon_{1n}\right)}{\frac{\Delta_n^n}{\Delta_{1,n}^{1,n}} - \varepsilon_{1,n}^2}.$$

Les rapports de déterminants, qui figurent dans l'expression ainsi obtenue, ont des limites exprimables à l'aide des modules, tandis que les ε tendent vers zéro. La valeur $x_{2,n}$ tend donc aussi vers une limite déterminée, x_2. Ce qui fait la nouveauté et l'importance de ce dernier résultat,

c'est que nous n'avons imposé *a priori* aux formes considérées aucune des conditions relatives à la convergence ou à la limitation des valeurs des coefficients, qui figurent dans les travaux de MM. Hilbert, Tœplitz ou Schmidt sur les équations linéaires à une infinité de variables.

MÉCANIQUE. — *Impossibilité de certaines ondes de choc et combustion.* Note [1] de M. E. Jouguet, présentée par M. Vieille.

1. Considérons les ondes de choc et combustion se propageant dans un mélange constitué par des gaz parfaits dont les chaleurs spécifiques croissent avec la température.

Reportons-nous aux notations et aux formules de notre précédente Note [2]. La loi d'Hugoniot, si l'on y considère l'état initial comme donné, définit p_2 en fonction de σ_2. On peut, avec M. Crussard, la représenter par une courbe (H) avec σ_2 en abscisse et p_2 en ordonnée. Plaçons en A le point de coordonnées σ_1, p_1. La courbe passe par les points B et C représentant respectivement les états auxquels on parvient par une combustion à volume constant ou à pression constante. Elle est asymptote à Op ou à une parallèle à cet axe (pour $T_2 = \infty$) et rencontre $O\sigma$ en un point G (pour $T_2 = 0$).

Une onde quelconque se propageant dans l'état σ_1, p_1 est représentée par un point de la courbe (H). Mais tous les points de (H) ne correspondent pas à des ondes réellement observables. On doit d'abord se borner aux parties de la courbe où p_2 est positif. D'autre part, au voisinage de G, la température T_2 est très petite et les flammes ne se propagent pas ainsi. Enfin, pour les points de l'arc BC, la vitesse de propagation serait imaginaire.

2. Pour mieux déterminer l'allure de la courbe, on peut supposer faibles la dissociation et la combustion résiduelle. Cette hypothèse n'introduit pas d'erreur grave pour les arcs de la courbe correspondant à des ondes réellement observables. Le coefficient angulaire $\frac{dp_2}{d\sigma_2}$ [formule (2) de notre précédente Note] peut alors s'écrire

$$\frac{dp_2}{d\sigma_2} = \frac{-[(\gamma_2+1)p_2+(\gamma_2-1)p_1]}{(\gamma_2+1)\sigma_2-(\gamma_2-1)\sigma_1}.$$

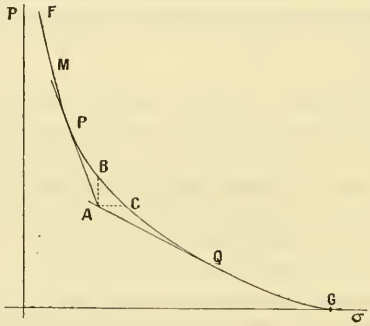
---

(1) Présentée dans la séance du 3 janvier 1910.

(2) *Comptes rendus*, 27 décembre 1909.

Le numérateur est toujours négatif. On peut démontrer, en se servant de la loi d'Hugoniot, que le dénominateur est toujours positif. Le coefficient angulaire est donc toujours négatif.

3. Traçons les tangentes AP, AQ issues de A. On sait que les points P et Q correspondent à des ondes de choc et combustion dont la vitesse D est égale à la vitesse du son E_2 en arrière; c'est le point P qui, dans les mouvements rectilignes, donne l'*onde explosive*. Nous admettrons qu'il n'y a que deux tangentes. Dès lors, moyennant les hypothèses du paragraphe 2, on a, sur les arcs FP et CQ, $D < E_2$ et, sur les arcs PB et QG, $D > E_2$.



On peut montrer également, par des raisonnements du même ordre de généralité que ceux qui précèdent, qu'on a, sur l'arc FB, $D > E_1$ et sur l'arc CG, $D < E_1$, en désignant par E_1 la vitesse du son dans le milieu en avant.

4. Appliquons maintenant le postulat qui a fait l'objet de notre précédente Note. C'est seulement sur l'arc FP qu'on a $E_2 > D > E_1$. Les seules ondes de choc et combustion possibles correspondraient donc aux points de cet arc et seraient par suite plus condensées que l'onde explosive.

Cela ne veut pas dire qu'il ne peut pas y avoir d'explosions propageant des différences de pression inférieures à celle qui caractérise l'onde explosive. Cela veut dire simplement que les explosions de cette espèce ne suivent pas les lois simples des ondes de choc et combustion. Les lois des ondes de choc et combustion supposent que la zone où se font successivement l'échauffement jusqu'à la température d'inflammation, puis la combustion, *est et reste* assez étroite pour que son épaisseur puisse être regardée comme infiniment petite. Cette condition n'est sans doute pas remplie dans les explosions dont

nous venons de parler. Pour les étudier, il doit être nécessaire de considérer comme finie l'épaisseur de la zone d'échauffement et de combustion, et de poser des équations tenant compte de la viscosité des gaz et des phénomènes de conductibilité dont cette zone est le siège. Par cette intervention de la conductibilité, on se rapproche du régime de la *déflagration* (¹), et il paraît opportun de réserver le nom de *détonation* aux explosions se faisant par ondes de choc et combustion proprement dites.

5. Considérons une onde de choc et combustion *sphérique*, représentée par un point M de l'arc FP et imaginons que le fluide, en arrière du front, se détende, comme cela a probablement lieu, au bout d'un certain parcours, dans une onde produite par une impulsion brève. Les formules données dans une Note antérieure (²) montrent que l'onde se modifie au cours de la propagation; le point M se rapproche de P; quand il arrive en P, il tend encore à descendre, mais il pénètre alors dans l'arc PB et, si les considérations ci-dessus sont exactes, les lois des ondes de choc et combustion cessent d'être applicables. Ainsi donc, si l'on admet le point de vue adopté dans ce qui précède, les détonations se propageant par ondes sphériques tendraient spontanément à s'atténuer et à se rapprocher du régime des déflagrations.

OPTIQUE. — *Images changeantes à deux et trois aspects sur plaque* autostéréoscopique. Note de M. E. **Estanave**, présentée par M. G. Lippmann.

J'ai déjà signalé ici (³) qu'on pouvait obtenir en projection sur un écran spécial que j'ai appelé l'*écran stéréoscope*, deux images changeant d'aspect suivant le point de vue de l'observateur. Ces images étaient fugitives comme toute projection, et je me suis proposé d'en fixer le caractère sur une plaque photographique, de telle manière qu'en observant celle-ci par transparence, l'une ou l'autre des images apparaisse exclusivement. J'ai ensuite généralisé la méthode et ai cherché à obtenir sur la même plaque trois images différentes visibles chacune individuellement et exclusivement.

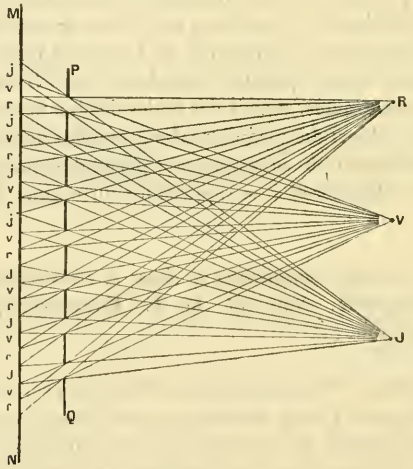
(¹) Sur les équations de la déflagration, voir une Note insérée aux *Comptes rendus* du 4 mai 1908.

(²) *Comptes rendus*, 18 mars 1907.

(³) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 391.

Après avoir obtenu ces résultats sur une plaque photographique ordinaire, armée d'un réseau ligné, je les ai enregistrés sur la plaque spéciale que j'ai fait connaître ici même [1] et que j'ai appelée la plaque *autostéréoscopique*.

Pour exposer la marche que j'ai suivie pour obtenir ces résultats nouveaux, considérons trois sources lumineuses R, V, J (*fig.* 1), que nous supposerons de couleurs différentes : rouge, verte et jaune, uniquement pour les distinguer l'une de l'autre. Ces sources sont disposées verticalement au-dessous l'une de l'autre devant une glace dépolie MN au-devant de laquelle on a disposé un réseau ligné PQ à une distance convenable calculée d'après le caractère du réseau utilisé, l'écartement respectif des sources et la distance de ces sources à la glace MN.



On obtient sur la glace dépolie des lignes horizontales rouge, verte et jaune adjacentes, provenant respectivement des sources R, V et J. La figure ci-dessus montre clairement le mécanisme de l'obtention de ces bandes colorées. Les bandes marquées *r* sont en effet données par la source R, et, en raison de l'opacité des traits du réseau, cette source ne peut apporter de trouble dans les bandes *v* et *j*. De même les bandes *v* et *j* sont exclusivement produites par les sources V et J.

Si maintenant, à la place de la glace dépolie MN, on disposait une plaque autochrome

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 225.

ou similaire, après développement et inversion on aurait des bandes horizontales adjacentes rouge, verte et jaune. Et en disposant au-devant de cette plaque le réseau PQ à la distance et dans la position qu'il occupait dans le tirage, on pourra observer, en plaçant les yeux sur l'horizontale passant par R, toutes les bandes rouges de la plaque et uniquement celles-là; en sorte que la plaque paraîtra rouge. En plaçant les yeux sur l'horizontale passant par V ou J, on observerait exclusivement soit les bandes vertes, soit les bandes jaunes. Ainsi cette même plaque présentera trois aspects différents et paraîtra rouge, verte ou jaune, suivant le point de vue de l'observateur.

Ceci posé, *uniquement* pour fixer les idées, posons un objectif percé de trois ouvertures R, V et J disposées verticalement et fermons les deux ouvertures V et J. En laissant travailler l'ouverture R, nous obtiendrons sur une plaque photographique MN une image de l'objet placé devant l'objectif, mais cette image sera incomplète et formée d'éléments filiformes horizontaux r, r, r, ... En faisant travailler successivement les ouvertures V et J nous obtiendrons des images incomplètes de l'objet situé devant l'objectif, formées chacune d'éléments filiformes horizontaux v et j. Mais si dans ces trois opérations successives nous disposons devant l'objectif trois sujets différents, ou un même sujet qui prend des aspects différents, nous aurons finalement enregistré sur la plaque trois images différentes, incomplètes r, v et j.

Et en disposant au-devant de cette plaque développée et inversée du noir au blanc, le réseau qui a servi dans le tirage, on verra par transparence, du côté du réseau, l'une ou l'autre de ces trois images, suivant qu'on placera les yeux sur l'une des horizontales passant par R, V et J.

La plaque présentera trois aspects différents. Par exemple, dans la position R on verra seulement les éléments filiformes r, r, r, ... constituant l'une des images v et j, les autres éléments v et j étant cachés par l'opacité des traits du réseau.

Grâce au voisinage des éléments r, r, r, ..., l'image incomplète paraîtra continue.

Théoriquement, il est possible d'obtenir un plus grand nombre d'images différentes sur la même plaque, mais il est à remarquer que la généralisation semble pratiquement limitée, car les images sont de plus en plus incomplètes, puisque les bandes filiformes qui constituent la même image sont de plus en plus éloignées. Dans le cas de deux aspects les éléments d'une des images sont adjacents à ceux de l'autre. Quand il y a trois aspects les éléments consécutifs d'une des images sont séparés par deux éléments appartenant chacun aux deux autres images.

Le caractère du réseau dans le cas de trois images doit présenter des traits opaques doubles des espaces clairs, si les deux ouvertures R et J sont équidistantes de l'ouverture centrale V. Cette condition résulte de la similitude des triangles, comme le montre la figure.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la production d'ozone sous l'influence de la lumière ultraviolette.* Note de M. **Edm. van Aubel**, présentée par M. Lippmann.

Lenard (1) a le premier observé, en 1900, que la lumière ultraviolette ozonisait l'air. Goldstein (2), Regener (3), Franz Fischer et F. Braehmer (4) ont confirmé ce résultat.

Franz Fischer et F. Braehmer ont étudié l'influence des divers facteurs sur la production de l'ozone, notamment l'importance de la température du gaz, tandis que Regener a montré que la lumière ultraviolette n'agit pas seulement sur l'oxygène pour l'ozoniser, mais désozonise aussi l'ozone formé, de façon qu'il se produit un équilibre entre l'oxygène et l'ozone dans la lumière ultraviolette.

Il semblait donc que la production d'ozone, sous l'influence de la lumière ultraviolette, pouvait être considérée comme un phénomène bien établi, lorsque parurent deux Mémoires de H. Bordier et T. Nogier (5), sur la cause de l'odeur prise par l'air soumis aux radiations ultraviolettes émises par la lampe à vapeur de mercure. Ayant soumis à des analyses l'eau de lavage de l'air irradié, Bordier et Nogier n'ont pu constater la moindre trace d'ozone malgré la sensibilité des réactifs employés, et ont donné alors une explication de l'odeur purement subjective d'un gaz irradié par la lampe à vapeur de mercure.

Franz Fischer (6) a critiqué récemment les expériences de Bordier et Nogier.

J'ai eu l'occasion de faire sur cette question quelques expériences, qui me paraissent décisives et que je crois utile de signaler.

Une lampe à vapeur de mercure en quartz, fournie par l'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft à Berlin et du modèle employé pour l'éclairage, a servi à mes essais. Cette lampe est munie d'un grand globe protecteur en verre. J'ai cherché à déceler la présence de l'ozone dans un liquide qui avait été irradié sous le brûleur de la lampe.

On sait que l'ozone ne se dissout pas dans l'eau, mais agit sur ce liquide pour donner de l'eau oxygénée. A cause des résultats des deux savants

---

(1) Eder, *Photochemie*, 3e édition, 1906, p. 110 et 111.

(2) *Ber. der deutsch. chem. Gesellschaft*, vol. 36, 1903, p. 3042.

(3) *Sitzungsber. der Königl. preuss. Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 1904, p. 1228.

(4) *Physikalische Zeitschrift*, vol. 6, 1905, p. 576; vol. 7, 1906, p. 312.

(5) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 354, et *Archives d'électricité médicale*, Bordeaux, 16e année, 1908, p. 799.

(6) *Physikalische Zeitschrift*, 10e année, 1er juillet 1909, p. 453.

français, il m'a semblé indispensable d'employer un liquide dissolvant de grandes quantités d'ozone.

Une capsule en porcelaine contenant de l'huile d'olive, qui dissout facilement l'ozone ([1]), a été placée à l'intérieur du globe en verre de la lampe à vapeur de mercure, à 25^{cm} environ du brûleur en quartz. Au bout de 2 heures 15 minutes, cette huile était devenue totalement incolore. On l'a retirée alors du globe et, après refroidissement, on a agité une prise d'essai avec une dissolution d'iodure de potassium amidonnée. Le réactif est devenu très nettement bleu, après 45 minutes. L'huile d'olive, non irradiée, n'a donné aucune coloration bleue dans ces conditions, même après plusieurs jours.

La même expérience a été faite, en soumettant du pétrole du commerce aux rayons ultraviolets. Après 5 heures, ce liquide est devenu jaune et, traité par la dissolution d'iodure de potassium amidonnée, il a donné une coloration bleue fort nette après 5 minutes. Un tube témoin, contenant du pétrole non irradié, n'a donné aucune coloration bleue avec le même réactif ([2]).

L'essence de térébenthine ne peut guère convenir pour cette expérience, parce qu'elle est presque toujours ozonisée.

Ayant réussi avec l'huile d'olive et le pétrole, j'ai placé une capsule en porcelaine contenant de l'eau distillée à l'intérieur du globe en verre de la lampe à vapeur de mercure, à la même distance du brûleur en quartz que précédemment. L'eau a été soumise aux radiations ultraviolettes pendant 14 heures. On l'a laissée refroidir ensuite et, afin d'y déceler la présence d'eau oxygénée, on a utilisé l'action de cette substance sur la plaque photographique. Les recherches de Precht et Otsuki ([3]) ont établi l'extraordinaire sensibilité de cette action. Dans deux cristallisoirs identiques, on a donc placé, d'une part l'eau irradiée, et d'autre part de l'eau prise dans le laboratoire. Les cristallisoirs ont été recouverts par la même plaque photographique et le tout a été placé à l'abri de la lumière. Après 2 jours, la plaque photographique a été développée : l'eau irradiée seule avait agi sur elle.

Il convient de rappeler que Miroslaw Kernbaum ([4]), en employant des

---

([1]) Dammer, *Handbuch der anorganischen Chemie*, t. IV, p. 128.

([2]) Nous nous sommes occupé également de l'action exercée sur la plaque photographique par le pétrole du commerce qui a été exposé à la lumière solaire.

([3]) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. LII, p. 236.

([4]) *Comptes rendus*, t. CXLIX, juillet 1909, p. 273.

méthodes susceptibles d'une sensibilité moindre que la précédente, a prouvé que les rayons ultraviolets décomposent l'eau, avec formation d'eau oxygénée. Enfin, nous avons encore fait une dernière expérience. Sur le fond d'une petite cuvette plate en porcelaine, on dépose un morceau de papier à filtrer imbibé de la solution d'iodure de potassium amidonnée. Parallèlement à la feuille de papier à filtrer et à une distance de $1^{mm},2$, on place une plaque de quartz de 4^{mm} d'épaisseur. La cuvette est mise au fond du globe en verre de la lampe à vapeur de mercure et le papier à filtrer est exposé aux rayons ultraviolets. Ceux-ci traversent le quartz; mais l'air, qui est contenu dans le globe et s'ozonise, ne peut circuler facilement sous la plaque de quartz, tandis qu'il peut agir librement sur le papier à filtrer aux endroits qui ne se trouvent pas sous cette plaque. Aussi, au bout de 2 minutes, on constate que le papier à filtrer a fortement bleui, seulement aux endroits qui ne sont pas sous la plaque de quartz. La mise en liberté d'iode est donc produite, dans cette expérience, par l'air ozonisé et non par la vive insolation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de quelques alliages de cobalt d'après leurs forces électromotrices.* Note de M. F. **Ducelliez**, présentée par M. A. Haller.

Les résultats obtenus par l'observation des forces électromotrices des systèmes

$$\text{(I)} \qquad Co - SO^4CoN - CoM^x$$

et

$$\text{(II)} \qquad M - SO^4CoN - CoM^x,$$

où M représente l'étain, l'antimoine, le bismuth, le plomb, le cuivre, appuient en général les conclusions de nos études antérieures [1].

Concurremment à nos études chimiques, l'analyse thermique de ces alliages a été effectuée par divers auteurs [2]; les forces électromotrices des

---

[1] F. Ducelliez, *Pr.-verb. Soc. Sc. Bordeaux*, 1907-1909.

[2] Kurnakow et Podkapajew, *Journ. russ. phys. chem. Gesell.*, 1906. — Konstantinow, *Revue de Métallurgie*, 1907. — Sahmen, *Zeit. an. Chemie*, 1908. — Lewkonja, *Zeit. an. Chemie*, 1908.

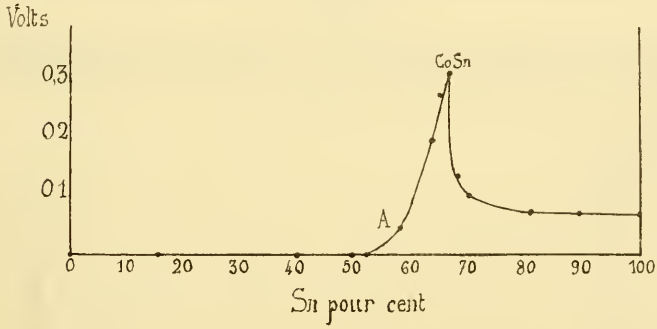
alliages de cobalt et d'étain ont été prises par Pouschine [1], l'électrolyte étant constitué par une solution de soude ou d'acide sulfurique.

Nos éléments, correspondant à un système déterminé, sont montés d'une façon identique; les valeurs relatives de leurs forces électromotrices sont obtenues par la méthode d'opposition, au moyen d'un dispositif spécial, permettant de les obtenir successivement dans un laps de temps relativement court. Ces forces électromotrices se modifient avec le temps, d'une façon spéciale pour chaque élément; aussi sont-ils maintenus en observation, jusqu'à l'obtention de résultats sensiblement constants.

Les systèmes (I) et (II) conduisent à des courbes, dont les ordonnées diffèrent approximativement de la valeur de la force électromotrice de l'élément monté avec les métaux purs Co et M; aussi ne donnons-nous que celles se rapportant au premier système.

a. Dans le cas des alliages de cobalt et d'étain (*fig.* 1), un point de rebroussement très net met en évidence la combinaison CoSn qui exige 66,76 pour 100 d'étain.

Fig. 1.



b. Les alliages de cobalt et d'antimoine (*fig.* 2) présentent des forces électromotrices croissantes jusqu'à une teneur de 67,04 pour 100 d'antimoine, correspondant à la combinaison CoSb; ensuite elles décroissent et une inflexion de la courbe paraît déceler $CoSb^2$ qui exige 80,27 pour 100 d'antimoine.

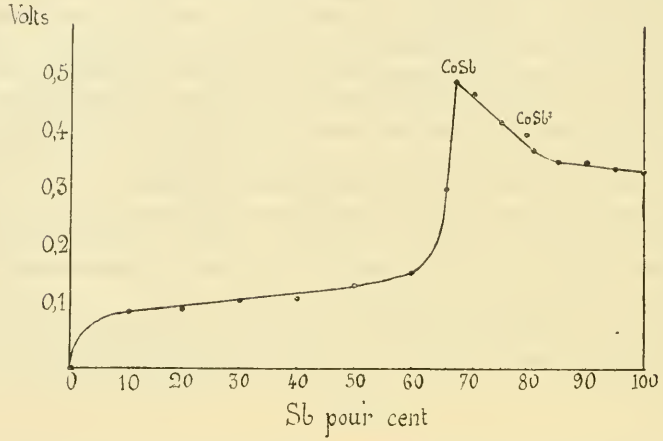
c. Les alliages de cobalt et de bismuth comprennent deux phases, l'une riche en cobalt, l'autre, plus dense, riche en bismuth. La présence du bismuth abaisse le point

---

[1] Pouschine, *Journ. russ. phys. chem. Gesell.*, 1907.

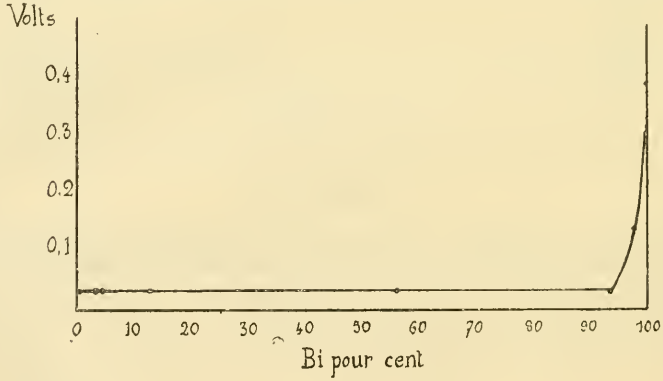
de fusion du cobalt qui, à l'état liquide, est donc susceptible de dissoudre du bismuth.

Fig. 2.



La courbe (*fig.* 3) indique, pour la plupart de ces alliages, des forces électromotrices faibles; son détail montre que le cobalt se sépare sensiblement à l'état de pureté pen-

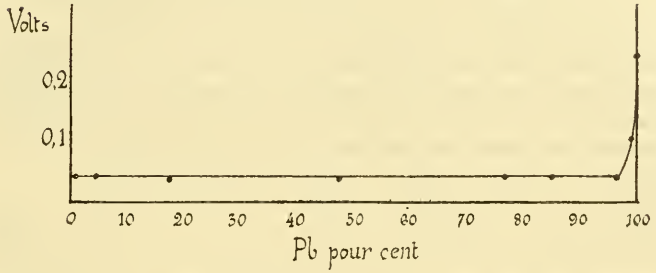
Fig. 3.



dant le refroidissement; d'autre part, elle donne approximativement la limite de solubilité du cobalt dans le bismuth.

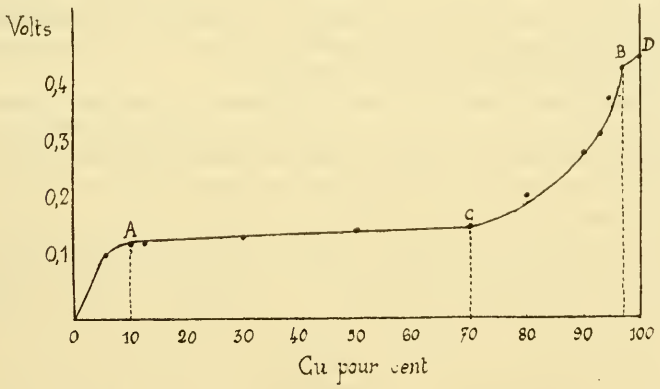
d. Le plomb conduit à des résultats analogues à ceux obtenus avec le bismuth (*fig.* 4).

Fig. 4.



e. Pour les alliages de cobalt et de cuivre, la forme continue de la courbe (*fig.* 5) prouve l'absence de combinaisons; les deux extrémités OA et BD indiquent l'existence de solutions et les limites A et B de saturation. La portion CB correspond vraisemblablement à un mélange homogène, en proportions variables, de ces deux solutions

Fig. 5.



solides. Il n'en est probablement pas de même pour les alliages ayant fourni la partie AC, presque horizontale de la courbe; la force électromotrice de la solution A y prédomine, riche en cobalt; elle peut se trouver à l'état libre dans ces alliages, sa cristallisation se produisant dans un liquide de composition C, susceptible de se solidifier ensuite de la même façon que les alliages compris dans la partie CB de la courbe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau chlorure de phosphore.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Dans une précédente Communication [1], nous avons montré que l'on pouvait obtenir la série des chlorures saturés du silicium, en faisant agir l'effluve électrique sur des vapeurs de $SiCl^4$ entraînées par de l'hydrogène; il faut remarquer que cela constitue un véritable phénomène de réduction, car les termes successifs prennent naissance suivant les équations

$$2SiCl^4 + 2H = Si^2Cl^6 + 2HCl, \qquad 3SiCl^4 + 4H = Si^3Cl^8 + 4HCl, \qquad \ldots.$$

Dès lors, il nous a semblé que l'effluve pouvait être considérée comme une source importante d'énergie chimique, capable de produire des corps relativement instables sous l'action de la chaleur, tels que ceux que nous venons de mentionner; cela tient à ce que les réagents se trouvent soumis pendant un temps très court, sur le trajet de l'effluve, à une température élevée permettant à la réaction de prendre naissance, mais aussitôt, et surtout dans le cas de faible volatilité des produits de la réaction, ceux-ci se trouvent rapidement refroidis par l'atmosphère ambiante. Ce sont ces considérations qui nous ont amenés à étendre le champ de nos investigations dans le domaine des réactions déterminées sous l'action de l'effluve, et nous avons obtenu déjà quelques résultats intéressants.

On sait que l'on connaît le biiodure de phosphore P^2I^4 ainsi que l'hydrure liquide P^2H^4, mais qu'on ne connaît ni fluorure, ni chlorure, ni bromure correspondants. Nous avons obtenu le bichlorure P^2Cl^4 en soumettant à l'action de l'effluve un mélange d'hydrogène et de vapeurs PCl^3.

Si l'on entraîne à travers des appareils à effluves munis de réservoirs appropriés, des vapeurs de trichlorure de phosphore par de l'hydrogène, on ne tarde pas à voir se former sur les armatures un dépôt rouge écarlate en même temps qu'il se condense un liquide incolore, tenant en suspension un corps solide jaune; après filtration sur l'amiante pour séparer celui-ci (qui est un produit de décomposition du bichlorure), on soumet le liquide à la distillation dans un gaz inerte ou de préférence sous pression réduite. Après élimination de l'excès de trichlorure, il reste une faible fraction d'un corps liquide qui distille à son tour à température plus élevée : c'est le bichlorure de phosphore P^2Cl^4.

Le bichlorure de phosphore est un liquide incolore, oléagineux, ayant

---

(1) *Comptes rendus*, 5 juillet 1909.

une forte odeur phosphoreuse; il se solidifie sous l'action du froid et le corps solide blanc obtenu fond à —28°; il répand d'abondantes fumées à l'air, non seulement parce qu'il est décomposé par l'humidité, mais surtout parce que ses vapeurs s'oxydent énergiquement, au point que ce corps s'enflamme parfois spontanément à l'air; par exemple, si l'on en imbibe une mèche d'amiante ou si l'on fait écouler le liquide par un tube effilé, il prend spontanément feu à l'air en répandant d'abondantes fumées blanches. Il est décomposable par l'eau, et les produits qu'il donne sont analogues à ceux que donne dans les mêmes circonstances le biiodure; il y a formation de HCl, d'acide phosphoreux et d'un corps solide jaune à composition mal définie.

Le bichlorure est un corps instable; néanmoins, on peut le distiller dans un gaz inerte à la pression athmosphérique sans qu'il éprouve une trop forte décomposition; dans ces conditions, il passe à la distillation vers 180°, mais il est préférable de le distiller sous pression réduite où il n'éprouve pas de décomposition sensible à 95°-96° sous 20^{mm}.

Le bichlorure de phosphore se décompose lentement à la température ordinaire et à l'obscurité en tube scellé vide d'air; il se forme un précipité jaune clair d'aspect homogène qui répond à la composition P^7Cl^2; cette décomposition est activée par la lumière et la chaleur (100°), mais le produit solide alors formé, dont la couleur varie du jaune orangé au rouge clair, ainsi que les dépôts formés sur les armatures des tubes à effluves, ne paraissent pas homogènes et donnent à l'analyse des teneurs en chlore moindres que celles qui correspondent au corps précédent; en poussant à fond la décomposition à 100° en tube scellé vide d'air, le liquide résiduel renferme une forte proportion de trichlorure de phosphore. On peut en conclure que le bichlorure de phosphore se décompose en PCl^3 et en chlorures plus chlorés ou mélange de phosphore amorphe et de chlorures condensés.

Nous avons tenté d'obtenir le bibromure de phosphore par deux procédés :

1° Action de HBr sec sur P^2Cl^4 en dissolution chlorocarbonique refroidie au moyen d'un mélange de glace et de sel. Après réaction et élimination du dissolvant, il est resté un corps solide jaune amorphe.

2° Action des effluves sur $PBr^3 + H$, soit sous pression réduite pour faciliter l'entraînement de PBr^3 (qui bout à 175° sous la pression normale), soit à la pression atmosphérique.

Dans l'un et l'autre cas, les armatures du tube à effluves se sont recouvertes d'un dépôt rouge écarlate semblable à celui obtenu dans le cas de PCl^3; le liquide condensé tient en suspension un corps solide jaune qu'on élimine par filtration sur de l'amiante;

le liquide filtré est coloré en jaune clair (PBr^3 est un liquide incolore): après distillation dans le vide pour éliminer PBr^3, il reste un corps solide jaune amorphe, semblable à celui obtenu dans l'action de HBr sur P^2Cl^4; ces corps, ainsi que le dépôt formé sur les armatures de l'appareil à effluves, renferment du brome et du phosphore, mais l'analyse ne conduit pas à leur attribuer une composition définie.

Nous pensons que ce corps solide jaune est un produit de décomposition du bibromure de phosphore qui serait un corps particulièrement instable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissolution du platine par l'acide sulfurique et sur les produits de cette réaction.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. Armand Gautier.

Peu de temps après mon étude [1] sur la dissolution du platine par l'acide sulfurique, M. Quennessen [2] constatait à son tour la réalité de cette dissolution auparavant controversée, mais il opéra dans des conditions très différentes et obtint des résultats dont la discussion s'imposait; au cours des nouvelles recherches entreprises dans ce but, j'ai pu établir la nature des produits formés, de sorte que la question doit être considérée comme résolue en ses points essentiels.

M. Quennessen a constaté qu'en tube *scellé* chauffé à 400°, l'attaque du platine était beaucoup moins forte dans le vide que dans une atmosphère d'oxygène, et il a cru pouvoir conclure que l'oxygène ou l'air interviennent comme agent oxydant dans l'attaque avec des acides de concentration commerciale; il a aussi montré que l'attaque était d'autant plus énergique que l'acide était moins hydraté. Comme j'avais, sans l'avoir rapporté, fait certaines de mes expériences hors de la présence de l'oxygène, j'avais la conviction, *a priori*, que ce gaz n'était pas nécessaire et que les résultats obtenus par M. Quennessen s'expliquaient parfaitement en considérant comme réversible la réaction de l'acide sulfurique sur le platine, réaction que la nature des produits formés, tout au moins au commencement, doit s'écrire

$$2Pt + 7SO^4H^2 \rightleftharpoons 2Pt(OH)(SO^4H)^2 + 3SO^2 + 4H^2O.$$

D'où cette première conclusion que la présence d'eau dans l'acide doit nuire, et cette seconde, que si l'on opère en tube scellé, l'eau et l'anhydride

(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 866 et 1013.

(2) L. Quennessen, *Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 1341.

sulfureux enfermés doivent contrarier la dissolution; mais, s'il y a de l'oxygène dans le tube, ce gaz, surtout à 400° en présence de platine, s'unira au gaz sulfureux pour former de l'anhydride sulfurique qui fera disparaître presque toute l'eau accompagnant le gaz sulfureux.

Ces inductions, qui ne font jouer à l'oxygène qu'un rôle secondaire postérieur à la réaction, s'accordent donc bien avec les observations de M. Quennessen; mais il m'a semblé utile de les étayer par quelques nouvelles expériences faites comme les anciennes sous la pression atmosphérique, au point d'ébullition de l'acide sulfurique.

A cet effet, j'ai fait bouillir pendant une heure, dans un ballon convenablement disposé, de la mousse de platine avec, chaque fois, 50^{cm^3} d'acide sulfurique pur et concentré, successivement dans un courant de gaz carbonique, d'air, d'oxygène, de gaz carbonique encore, puis de gaz carbonique chargé d'un peu de gaz sulfureux. Dans le gaz carbonique, l'attaque a parfaitement eu lieu avec un dégagement de gaz sulfureux en rapport avec l'équation ci-dessus, un peu plus fort cependant. Dans l'air, la quantité de platine doubla, bien que la dose de gaz sulfureux dégagé fût inférieure à ce qu'elle était dans le gaz carbonique; dans l'oxygène, la dissolution devint près de 4 fois plus active que dans le gaz carbonique, la dose de gaz sulfureux étant encore plus faible que précédemment. En restituant le gaz carbonique, augmentation de gaz sulfureux et retour du taux de la dissolution à la première valeur; enfin, dans le gaz carbonique sulfureux, dissolution nulle et même précipitation du platine quand l'acide sulfurique en contenait. J'ai, en outre, constaté que l'oxygène ne s'unissait pas de façon appréciable au platine en mousse au point d'ébullition de l'acide sulfurique, tandis qu'à cette même température il se combine, lentement il est vrai, au gaz sulfureux dissous dans de l'acide sulfurique tenant de la mousse de platine en suspension.

Ces résultats confirment de point en point les inductions et montrent qu'à défaut d'oxygène un courant de gaz inerte suffit pour assurer la continuation régulière de la réaction par l'entraînement des facteurs antagonistes. Par contre, une expérience en tube scellé ne peut indiquer que la différence des deux réactions inverses. Rien n'autorise à attribuer à l'oxygène un rôle oxydant direct par formation d'un oxyde de platine que l'acide n'aurait plus qu'à dissoudre. M. L. Wöhler [1] a trouvé, il est vrai, que le platine fixe l'oxygène à 420°-450° pour former de l'oxyde platineux, à raison de $0^g,0004$ d'oxyde à l'heure pour 1^g de mousse; mais ici, c'est par centigrammes à l'heure que la mousse se dissout, à près de 100 degrés plus bas.

Les solutions contiennent, d'ailleurs, non un composé platineux, mais

---

[1] L. Wöhler, *D. ch. G.*, t. XXXVI, 1903, p. 3475.

deux combinaisons cristallisées à acide sulfurique dissimulé, dérivées du platine trivalent : l'une, jaune, est l'acide sesquioxyplatisulfurique $Pt(OH)(SO^4H)^2$, Aq de M. Blondel [1]; l'autre, rouge brun, est une combinaison nouvelle, répondant à une composition que j'écris provisoirement $Pt(OH)^2SO^4H, H^2O$ pour la comparer à celle du corps acide.

Au début de l'attaque, l'acide sesquioxyplatisulfurique est aisé à mettre en évidence : il suffit de faire bouillir 50^{cm^3} d'acide sulfurique pendant une demi-heure à une heure avec 5^g à 10^g de mousse de platine, de laisser refroidir, de décanter le liquide jaune orangé obtenu, de le mêler avec 2^{vol} d'une solution étendue d'un sel de potassium pour obtenir le composé $Pt(OH)(SO^4H)(SO^4K)$. Il est bon de ne pas se servir de chlorure de potassium, ce sel transformant assez facilement l'acide sesquioxyplatisulfurique en chloroplatinate et chloroplatinite.

Si l'on poursuit l'ébullition, le liquide devient brun, presque noir et peut contenir plus de 20^g de métal par litre après 30 heures, mais il est moins riche qu'on ne s'y attendrait en l'acide précédent, car l'ébullition transforme peu à peu cet acide en composé brun. Ce dernier se sépare parfois directement en petites aiguilles dans l'acide froid, mais on ne l'obtient en quantité appréciable qu'en diluant l'acide de 2^{vol} d'eau et laissant refroidir. Après avoir déposé le produit brun, les eaux mères, rapprochées dans le vide sur l'acide sulfurique, abandonnent un peu d'acide sesquioxyplatisulfurique en cristaux orangés. On peut aussi avoir le composé brun en évaporant la solution sulfurique à sec, dissolvant la masse dans un peu d'eau et précipitant par un demi-volume d'acide sulfurique concentré; dans ce cas, l'évaporation détruit complètement l'acide sesquioxyplatisulfurique.

Le nouveau composé se sépare dans les liqueurs très acides en petites lames losangiques qui recristallisent dans l'eau en prismes rectangulaires bruns, noirs s'ils ont quelque dimension, excessivement solubles dans l'eau, l'acide sulfurique concentré, l'acide acétique, l'alcool, l'acétone en donnant des liqueurs très colorées. Au contact de l'éther, il se liquéfie en donnant un liquide insoluble dans l'éther, pour recristalliser dès que l'éther est parti. A 100°, il perd $1,5\,H^2O$.

L'oxydation nitrique du bisulfure de platine permet plus aisément de se procurer ces combinaisons sulfuriques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux nouveaux phosphures de nickel.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [2] j'ai décrit l'action du phosphore sur l'étain qui donne avec ce métalloïde les deux combinaisons Sn^4P^3 et SnP^3. Comme

---

[1] M. Blondel, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. VI, 1905, p. 126; M. Blondel écrit les formules de constitution :

$$Pt^2(OH)^4(SO^3)^4(OH)^2 \quad \text{ou} \quad Pt^2O^3, 3SO^3, SO^4H^2, 2H^2O.$$

[2] Jolibois, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 636.

je l'ai montré, ces deux composés perdent du phosphore avec la plus grande facilité sous l'action de la chaleur. Il m'a paru intéressant d'étudier leur action phosphurante en suivant une voie analogue à celle qui a été décrite par Lebeau (¹) pour obtenir des siliciures par déplacement du silicium, du siliciure de cuivre.

Mes essais ont porté sur le nickel. Pour effectuer la réaction je suis parti d'un alliage de nickel et d'étain à 5 pour 100 de nickel. J'ai vérifié que l'on pouvait isoler de ce dernier le composé $NiSn$ déjà décrit par Vigouroux (²) et par Guillet (³). En enfermant dans des tubes en verre d'Iéna vides d'air 21^g d'alliage avec des quantités de phosphore variant de 1^g à 4^g après avoir chauffé le tube à 700°, j'ai isolé au moyen de l'acide chlorhydrique concentré et chaud de petits cristaux prismatiques très bien formés. Leur composition est voisine de NiP^2.

P.	Ni.	
52,2	46,9	Culot à $3^g,5$ de phosphore
51,9	47,2	Culot à 1^g de phosphore
51,6	48,4	Théorie pour NiP^2.

Pour effectuer la séparation du nickel et du phosphore j'ai précipité par la mixture magnésienne le phosphore en présence du nickel en solution ammoniacale. Cette méthode, qui paraît paradoxale, m'a pourtant donné un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien totalement exempt de nickel.

Dans la préparation précédente, il convient de ne prendre que la partie inférieure des culots pour la dissoudre et isoler le composé. En effet, au moment de la cristallisation, le composé qui se dépose vient flotter à la surface de l'étain liquide, et, comme sa tension de dissociation est inférieure à celle du phosphure d'étain, il absorbe du phosphore. Ainsi, en dissolvant sans cette précaution un culot à 4^g de phosphore, j'ai isolé un produit donnant à l'analyse 58,5 pour 100 P, 41,1 pour 100 Ni, qu'il était facile au microscope de reconnaître pour un mélange.

Le composé NiP^2 présente l'aspect métallique. Il est soluble dans l'acide azotique. La soude fondue l'attaque. Sa densité est $D_{18} = 4,62$. Il perd son phosphore à 650°.

Dès que dans le culot considéré par suite de l'augmentation de la proportion de phosphore le composé SnP^3 apparaît, on isole par l'acide chlorhydrique un mélange de ce phosphure et d'un phosphure de nickel. Afin de

(¹) Lebeau, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXVI, 1902, p. 2; t. XXVII, 1902, p. 271.

(²) Vigouroux, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 639 et 712.

(³) Guillet, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 752.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

les séparer, j'ai dissocié dans le vide de la trompe à mercure le phosphure SnP^3 en chauffant le mélange à 360°. Ce dernier composé se transformant en Sn^4P^3, il devient facile par l'action de l'acide chlorhydrique d'isoler le phosphure de nickel. Sa composition peut être représentée par la formule NiP^3.

Ni.	P.	
38,0	61,6	Culot avec 7g de phosphore
38,3	60,9	Culot avec 10g de phosphore
38,4	61,6	Théorie pour NiP^3.

C'est un composé à aspect métallique se présentant en petits cristaux microscopiques, mais très bien formés.

Il est soluble dans l'acide azotique et attaquable avec incandescence par la soude fondue. Sa densité est $D_{18} = 4,19$. Il perd son phosphore à 580°.

En résumé, par dissolution du nickel dans le mélange d'étain et de phosphure d'étain Sn^4P^3, on peut isoler le composé NiP^2; par dissolution du nickel dans le mélange Sn^4P^3, SnP^3, on peut isoler le phosphure NiP^3. Ces deux phosphures, d'après leur mode même de préparation, ont le caractère de composés définis. Quoique à très haute teneur de phosphore, ils ont l'aspect métallique; ils sont en outre très bien cristallisés.

CHIMIE. — *Sur la formule de l'acide hypophosphorique.* Note de M. E. Cornec, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans les Traités classiques, depuis les travaux de Salzer et de Joly, on adopte habituellement pour l'acide hypophosphorique la formule double $P^2O^6H^4$. Plus récemment Rosenheim, Stadler et Jacobson (1), puis Rosenheim et Max Pritze (2) ont proposé la formule simple PO^3H^2.

Le nombre des sels alcalins, l'action de la chaleur sur l'acide et ses sels (Salzer et Joly), pas plus que la non-obtention d'acide hypophosphorique par fusion des acides phosphoreux et phosphorique (Rosenheim, Stadler et Jacobson), ne permettent de décider entre les deux formules avec certitude.

La préparation et l'étude des éthers ont fait l'objet d'un travail de Sanger (3), mais ces corps étant décomposables à haute température il n'a pas été possible d'en prendre la densité de vapeur. Rosenheim, Stadler et Jacobson, puis Rosenheim et Max Pritze

(1) Rosenheim, Stadler et Jacobson, *Berichte*, 1906, p. 2857.

(2) Rosenheim, Max Pritze, *Berichte*, 1908, p. 2708.

(3) Sanger, *Annalen der Chemie, Liebig*, t. CCXXXII, 1886, p. 1.

ont repris récemment l'étude de ces composés. L'ébullioscopie a conduit à la formule PO^3R^2.

L'étude de la conductibilité électrique de l'acide et de ses sels a fait l'objet de travaux de Rosenheim, Stadler et Jacobson et de Parravano et Marini (1). Leurs conclusions sont contradictoires : pour les premiers la formule est simple; pour les seconds, elle est double. Il n'y a toutefois là qu'une différence d'interprétation et les résultats expérimentaux sont concordants; il suffit pour le voir de les exprimer tous avec la même formule et de les rapporter à la même concentration.

La comparaison des valeurs de la conductibilité équivalente et du coefficient d'accroissement de conductibilité (valeurs qui sont les mêmes, que la formule soit simple ou double), avec celles du pyrophosphate neutre de sodium (2), montre entre les deux sels une analogie certaine. Elle doit correspondre à une analogie de formules. Celle du pyrophosphate étant connue sans ambiguïté : $P^2O^7Na^4$, nous verrons dans cette analogie un argument en faveur de la formule $P^2O^6Na^4$ pour l'hypophosphate neutre.

Nous nous sommes demandé si l'étude cryoscopique n'apporterait pas un argument décisif. Dans ce but, nous avons déterminé les abaissements du point de congélation de l'acide hypophosphorique en solution aqueuse pour différents degrés de concentration.

		Formule double $P^2O^6H^4$.		Formule simple PO^3H^2.	
T.	Δ.	T_m.	Δ_m.	T_m.	Δ_m.
1,224	1,947	0,612	31,8	1,224	15,9
0,734	1,179	0,367	32,1	0,734	16,0
0,459	0,764	0,229	33,4	0,459	16,7
0,306	0,537	0,153	35,1	0,306	17,5
0,262	0,471	0,131	35,9	0,262	17,9

Δ est l'abaissement lu; T_a le nombre d'atomes de phosphore au litre; T_m le nombre de molécules et Δ_m l'abaissement moléculaire; $\Delta_m = \frac{\Delta}{P} \times M$; M étant le poids moléculaire, P le poids de substance contenue dans 100^{cm^3} de la dissolution. T_m et Δ_m ont été calculés dans les deux hypothèses : formule simple et formule double.

L'acide est certainement dissocié; nous le savons par l'étude des chaleurs de neutralisation et l'action des réactifs colorés. Sans faire aucune hypothèse sur le schéma ou sur le degré de la dissociation, nous pouvons affirmer

(1) Parravano et Marini, *Atti Ac. Lincei*, 1906, 2e sem., p. 203 et 305.
(2) Walden, *Zeitsch. für physik. Chemie*, t. 1, 1887, p. 529.

que l'abaissement moléculaire doit être notablement supérieur à l'abaissement des non-électrolytes, c'est-à-dire à 18,5.

Or on constate que, avec la formule simple, l'abaissement moléculaire serait inférieur à 18,5. Cela constituerait un fait unique dans l'étude cryoscopique des électrolytes. Nous devons donc y voir un argument très fort en faveur de la formule double. L'étude cryoscopique des sels de potassium conduit à la même conclusion.

Nous avons enfin suivi la variation du point de congélation au cours de la neutralisation de l'acide par une solution de potasse de même titre ($0^{mol},5$ par litre). L'abaissement ne varie pas d'une façon régulière entre l'acide et la base; il décroît jusqu'à la solution contenant 1^{mol} d'acide $P^2O^6H^4$ pour $\frac{1}{4}^{mol}$ de potasse, puis croît ensuite jusqu'à la potasse. La courbe représentative du phénomène accuse un minimum très net correspondant au remplacement du dernier hydrogène, et une brisure relative au remplacement du premier.

Avec la soude ou l'ammoniaque nous ne pouvons opérer, sous peine d'avoir des précipitations, qu'avec des liqueurs plus étendues. Les phénomènes sont donc nécessairement beaucoup moins nets. Nous nous sommes assuré toutefois qu'ils présentaient bien la même allure.

La cryoscopie nous apparaît donc comme un indicateur de la dernière acidité de l'acide hypophosphorique, acidité que les réactifs colorés ne mettent point en évidence. On sait, en effet, que le virage au méthylorange se produit quand on a ajouté 2KOH à 1^{mol} d'acide. Le virage à la phtaléine n'est pas brusque; il commence toutefois nettement à 3 KOH. Il a été indiqué comme se terminant à 4KOH, mais il nous a toujours été impossible de saisir ce terme.

Un travail analogue a été effectué par Parravano et Marini en suivant la neutralisation par la soude à l'aide de la conductibilité électrique. Les résultats sont différents : ces deux auteurs observent en effet un minimum de conductibilité pour $P^2O^6H^2Na^2$, puis un changement de direction dans la partie ascendante de la courbe au point correspondant à $P^2O^6Na^4$.

Il n'y a point là une contradiction. Nous avons eu en effet l'occasion de signaler, dans une Note précédente [1], pour une série d'autres acides minéraux et organiques, de semblables divergences entre les deux phénomènes.

La cryoscopie de l'acide ainsi que celle de ses sels de potassium, la comparaison de la conductibilité du sel neutre de sodium avec le pyrophosphate de soude nous conduisent à adopter, pour l'acide hypophosphorique, la formule double.

De l'examen critique des divers arguments en faveur de la formule simple, un seul, la tonométrie des éthers, nous a semblé devoir être retenu.

Avant d'admettre que l'acide $P^2O^6H^4$ donne des éthers de formule PO^3R^2, nous nous proposons de reprendre l'étude de ces corps.

---

[1] E. Cornec, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 26 octobre 1909, p. 676.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des cétones aromatiques.* Note de M. J.-B. Senderens, présentée par M. G. Lemoine.

Je me suis tout d'abord adressé au plus simple des acides aromatiques, l'acide benzoïque, me réservant d'appliquer ensuite mon procédé [1] aux homologues de cet acide comme aussi de l'étendre aux acides incomplets gras et aromatiques et aux acides polybasiques.

Il semblait d'après les résultats obtenus avec les acides gras [2], que l'acide benzoïque employé seul fournirait, avec la thorine, la cétone symétrique, la benzophénone. Je n'ai pu réussir à préparer cette cétone ni avec l'acide benzoïque, ni avec son anhydride. Dans les deux cas, les vapeurs acides ne paraissaient pas sensiblement altérées en passant sur la thorine, à des températures qui ont varié de 380° à 460°.

Ces premières expériences permettaient de prévoir que si la thorine réagissait sur le mélange de l'acide benzoïque avec un acide gras, il en résulterait simplement une cétone mixte aromatique et une cétone grasse symétrique, à l'exclusion de la benzophénone. On aurait donc, en supposant la formation, à proportions moléculaires égales, de ces deux cétones :

$$C^6H^5CO.OH + 3RCO.OH = C^6H^5COR + RCOR + 2CO^2 + 2H^2O.$$

En partant de cette équation, j'ai employé un mélange de 1^{mol} d'acide benzoïque et de 3^{mol} d'acide gras. Ce mélange est solide à la température ordinaire, mais bien plus fusible que l'acide benzoïque, en sorte qu'il est facile de la maintenir liquide dans le réservoir et la conduite capillaire qui l'amène dans le tube renfermant la thorine, où il se transforme en vapeur. J'opérais à une température moyenne de 430°, qui a pu s'élever sans inconvénient jusqu'à 460°.

Dans ces conditions, je recueillais un liquide qui, agité d'abord avec de la soude diluée pour le débarrasser de toute trace d'acide et soumis ensuite à la distillation, se partageait très nettement en deux fractions contenant : l'une, la cétone grasse symétrique, et l'autre la cétone mixte aromatique. Dans aucun cas, je n'ai rencontré la benzophénone. Par exemple, avec un mélange de 1^{mol} d'acide benzoïque et de 3^{mol} d'acide propionique, le liquide recueilli a donné à la première distillation :

Températures.	Fractions distillées pour 100.
$<110°$	44 (propione)
110°-210°	6
210°-214°	48 (propiophénone)
Résidu	2

[1] *Comptes rendus*, 29 novembre 1909, p. 995.

[2] *Comptes rendus*, 5 avril 1909, p. 927, et 19 juillet 1909, p. 213.

On se trouve ainsi en possession d'une méthode qui permet de préparer, aisément et dans un grand état de pureté, des cétones qui ne s'obtenaient jusqu'ici qu'avec beaucoup de difficulté.

J'ai préparé de la sorte :

La *méthylphénylcétone* $C^6H^5 - CO - CH^3$ (acétophénone), avec un mélange d'acides benzoïque et acétique;

L'*éthylphénylcétone* $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH^3$ (propiophénone), avec un mélange d'acides benzoïque et propionique;

La *propylphénylcétone* $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$, avec un mélange d'acides benzoïque et butyrique normal;

L'*isopropylphénylcétone* $C^6H^5 - CO - CH\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$, avec un mélange d'acides benzoïque et isobutyrique;

L'*isobutylphénylcétone* $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$, avec un mélange d'acides benzoïque et isovalérique.

En décrivant la préparation des cétones mixtes de la série grasse, j'avais fait remarquer que celles-ci se formaient en plus grande quantité que les deux cétones symétriques qui les accompagnent. J'ai constaté également que la cétone aromatique mixte a une tendance à prédominer, et qu'elle se forme même à peu près exclusivement lorsque, à une molécule d'acide benzoïque, on oppose une seule molécule d'acide gras. On a alors

$$C^6H^5CO.OH + RCO.OH = C^6H^5COR + CO^2 + H^2O.$$

Mais le mélange de molécules égales des deux acides doit être porté à 500° et au-dessus, sans quoi une partie de l'acide benzoïque échappe à la réaction. Or, à ces hautes températures, la thorine se charbonne, et les cétones sont plus ou moins décomposées. De plus, ce mélange se maintient difficilement à l'état liquide, ce qui rend son maniement peu commode. J'ai été amené à reconnaître que, pratiquement, pour 1^{mol} d'acide benzoïque, il fallait employer une quantité d'acide gras comprise entre 2^{mol} et 3^{mol}.

On peut remplacer l'acide benzoïque par son anhydride qui donne d'aussi bons résultats, tout en ayant l'avantage de fournir, avec 3^{mol} d'acides gras, des mélanges qui sont liquides à la température ordinaire. Il convient toutefois d'ajouter que son prix est très supérieur à celui de l'acide benzoïque industriel tiré du toluène, et qu'avec ce dernier j'ai obtenu les mêmes rendements qu'avec l'acide benzoïque chimiquement pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le méthylacétènylcarbinol.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

On ne connaît actuellement que deux alcools acétyléniques vrais appartenant à la série grasse : l'alcool propargylique de M. Henry et le propargylcarbinol que nous avons décrit M. Pariselle et moi (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1035).

Voici un procédé qui, permettant d'atteindre les alcools correspondant à la formule générale

$$CH^2 = CBr - CHOH - R,$$

fournit une matière première susceptible de donner, quand on la traite par la potasse, les alcools acétyléniques vrais du type

$$CH \equiv C - CHOH - R.$$

On arrive aux alcools éthyléniques bromés en β en faisant réagir l'acroléine monobromée sur les composés magnésiens de M. Grignard; les rendements sont bons si l'on a soin d'opérer à froid avec des matières très diluées. Le seul inconvénient de la méthode, c'est que l'acroléine monobromée ne s'obtient qu'à la suite de manipulations assez longues et que de plus ce corps pique les yeux d'une façon extrêmement violente et persistante.

Le passage de l'alcool bromé à l'alcool acétylénique sous l'action de la potasse est assez délicat; il faut une grande douceur et, quelles que soient les précautions prises, on obtient toujours une notable quantité d'acétylène; si même on utilise la potasse alcoolique, le rendement en acétylène est presque quantitatif.

Voici les résultats obtenus à partir du dérivé magnésien le plus simple, l'iodure de méthylmagnésium.

L'alcool $CH^2 = CBr - CHOH - CH^3$ est un liquide incolore bouillant à 59°,5-60° sous 14^{mm}; sous la pression de 732^{mm} il commence à bouillir vers 151°, mais en subissant alors un commencement de décomposition (*Analyse :* C 31,75; H 4,72; Br 53,01; cryoscopie 156).

Sa phénylurethane s'obtient directement cristallisée par l'action du carbanile à 160°; purifiée par cristallisation dans un mélange d'eau et d'alcool, elle fond à 62°.5-63°,5 (*Analyse :* Br 29,64).

L'attaque très ménagée de ce corps par la potasse en solution aqueuse fournit des résultats assez complexes : 1° il paraît se faire plusieurs sels de potassium, j'ai pu

extraire de ceux-ci un acide bouillant à 141° et fournissant un anilide fondant à 108°; il y a donc lieu de croire que c'est l'acide propionique; 2° il se dégage des gaz; ceux-ci précipitent le chlorure cuivreux ammoniacal en rouge, ils sont absorbés en grande partie par le brome fournissant alors un bromure qui doit être le tétrabromure d'acétylène, car il est isomorphe de ce dernier, bout au même point et donne le même abaissement cryoscopique; 3° il se fait un liquide qu'on isole par distillation dans un courant de vapeur d'eau et de gaz carbonique, suivie de saturation du liquide distillé par le carbonate de potassium sec. Ce liquide est formé, en majeure partie, d'un mélange d'eau et d'alcool acétylénique. On sèche par un long séjour sur le sulfate de cuivre blanc et l'on redistille. On obtient ainsi l'alcool suivant :

L'alcool $CH \equiv C - CHOH - CH^3$, pas absolument exempt d'eau (*Analyse :* C 67,89; H 8,80; cryoscopie 71), bout de 107° à 109° sous 760^{mm}. Il précipite le chlorure cuivreux en jaune.

La production d'un dérivé triiodé

$$CI^2 = CI - CHOH - CH^3,$$

effectuée à partir de ce dérivé cuivreux comme il a été indiqué à propos du propargylcarbinol (*loc. cit.*), peut servir à caractériser l'alcool acétylénique; elle réussit même avec de petites quantités d'alcool dilué. Ce dérivé iodé fond à 96° (*Analyse :* I 84,66).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de la gentiopicrine dans la Chlore perfoliée* (*Chlora perfoliata* L). Note de MM. **Ém. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

La Chlore perfoliée est une petite plante de la famille des Gentianées, caractérisée par ses fleurs jaunes et par ses feuilles opposées et soudées autour de la tige.

Sa saveur est très amère. Elle a été employée comme tonique et fébrifuge. C'est pourquoi nous avons pensé qu'elle pouvait contenir un principe glucosidique analogue sinon identique à celui de la Gentiane jaune. Nous l'avons, en conséquence, essayée par la méthode habituelle à l'invertine et à l'émulsine [1].

Voici les résultats que nous a donnés l'essai sur un extrait liquide, aqueux, dont 100$^{cm^3}$ correspondaient à 100^g de plantes fraîches (les plantes traitées

---

[1] Ém. Bourquelot, *Recherche, dans les végétaux, du sucre de canne à l'aide de l'invertine et des glucosides à l'aide de l'émulsine* (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 690).

avaient été cueillies aux environs de Paris, le 6 août, en pleine floraison) :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-5°46'$
Sucre réducteur initial	$0^g,516$
Rotation après action de l'invertine	$-6°26'$
Sucre réducteur après action de l'invertine	$1^g,423$
Rotation après action de l'émulsine	$+5'$
Sucre réducteur après action de l'émulsine	$2^g,178$

Sous l'influence de l'invertine, il s'est produit un changement de déviation de 40′, avec formation de $0^g,907$ de sucre réducteur. Si le sucre réducteur produit avait eu, tout entier, pour origine, du sucre de canne, on aurait dû observer un changement de déviation vers la gauche de 90′; comme on a observé un changement de 40′ seulement, on peut en conclure que la Chlore perfoliée renferme un sucre hydrolysable par l'invertine, qui n'est pas du saccharose.

Sous l'influence de l'émulsine, on a observé un retour de la déviation vers la droite de 6°31′, avec formation de $0^g,755$ de sucre réducteur. Si nous calculons combien nous obtenons de sucre réducteur pour 1° de retour, nous trouvons $0^g,116$. Or la gentiopicrine fournit, sous l'action de l'émulsine, $0^g,111$ de sucre réducteur pour un retour de la déviation vers la droite de 1° (¹).

Ici les résultats sont donc tels qu'on était fondé à supposer l'existence de la gentiopicrine dans la Chlore perfoliée; ils nous ont amenés à chercher à isoler ce glucoside.

Ce n'est toutefois qu'à la fin du mois de septembre que nous avons pu reprendre nos recherches, n'ayant réussi à retrouver la plante qu'à cette époque (aux environs de Richelieu, en Indre-et-Loire). Elle était alors très avancée : les fruits étaient arrivés à maturité et les tiges commençaient à se dessécher. Malgré ces mauvaises conditions, nous avons réussi à en extraire un produit que nous avons identifié avec la gentiopicrine, glucoside de la Gentiane jaune.

On a épuisé la plante, préalablement desséchée complètement et réduite en poudre, par l'alcool à 80° bouillant. On a distillé l'alcool au bain-marie; on a précipité les matières résineuses que contenait encore le liquide résiduel par addition d'eau; on a filtré, puis on a concentré le liquide clair jusqu'à consistance sirupeuse; on a précipité ce sirop par l'alcool à 95°; on a filtré et évaporé à sec. On a épuisé l'extrait par l'éther acétique hydraté; on a distillé l'éther acétique, repris l'extrait par l'eau et évaporé de nouveau à siccité. On a ensuite épuisé l'extrait, ainsi purifié, par l'éther acétique : la

(¹) Ém. Bourquelot, *Sur la recherche, dans les végétaux, des glucosides hydrolysables par l'émulsine* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. XXIII, 1906, p. 369).

gentiopicrine a cristallisé. On l'a purifiée en la faisant cristalliser de nouveau dans l'éther acétique. On a séché à l'air les cristaux obtenus.

Pouvoir rotatoire..... $\alpha_D = -196^\circ 93$

$(p = 0^g,0914;\ v = 15^{cm^3};\ l = 2;\ \alpha = -2^\circ 24')$.

Sous l'action de l'émulsine, une solution, accusant une rotation de $-2^\circ 24'$ ($l = 2$), avait, après 24 heures, une rotation de $+17'$. Il s'était formé $0^g,306$ de sucre réducteur, ce qui donne, pour un retour de la déviation de 1° vers la droite, $0^g,113$ de sucre réducteur (théorie: $0^g,111$); de plus, le liquide limpide et incolore s'était légèrement coloré en jaune sous l'action de l'émulsine; et il s'était formé un précipité cristallin de gentiogénine. On a recueilli ce précipité cristallin qui a donné nettement la réaction de la gentiogénine signalée par G. Tanret [1].

En résumé, ainsi que nous l'avait fait prévoir l'essai préliminaire à l'inverline et à l'émulsine, la Chlore perfoliée renferme de la gentiopicrine, glucoside de la Gentiane jaune, dont nous avons déjà signalé la présence dans la Gentiane Pneumonanthe (*Gentiana Pneumonanthe* L.). L'essai nous montre encore que ce glucoside y existe seul et en quantité assez forte : environ 15^g par kilogramme de plante fraîche, récoltée au mois d'août.

On pourrait donc utiliser la Chlore perfoliée pour le dosage de la gentiopicrine aux différents stades de la végétation, ce qu'on ne pourrait faire aussi facilement avec la Gentiane jaune, dans laquelle ce glucoside se trouve mélangé à d'autres glucosides également dédoublables par l'émulsine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la digestion de l'inuline.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. Dastre.

Le rôle alimentaire de l'inuline n'est pas douteux. On sait que les topinambours, à une certaine époque de l'année, dans quelques régions de l'ouest de la France, constituent la base même de l'alimentation du bétail. D'autre part, les travaux de Cl. Bernard, de A. Dastre et E. Bourquelot nous ont appris que les polysaccharides ne sont pas directement assimilables. Pour servir à la nutrition de l'animal, ils ne doivent pas être absorbés en nature par l'intestin; il faut qu'ils aient été préalablement digérés, c'est-à-dire transformés en leurs monoses constituants par une série d'hydrolyses. On doit

[1] G. Tanret. *Contribution à l'étude de la Gentiane* (*Thèse, Paris*, 1905, p. 40).

donc se demander où et comment se fait la digestion de l'inuline? La question est à la fois physiologique et médicale, puisqu'à l'intérêt de connaître la valeur alimentaire de l'inuline chez l'individu normal ou chez l'animal s'ajoute celui de son emploi (à la suite des travaux de Külz, Haykraft, B. Naunyn, etc.) chez les diabétiques.

Existe-t-il chez les animaux un ferment spécifique, analogue à l'inulase [1] des végétaux, et capable de saccharifier l'inuline? Personne n'a démontré l'existence d'un pareil ferment dans les divers sucs digestifs des animaux. En collaboration avec M. P. Portier, j'ai cherché vainement à mettre en évidence chez les chiens et les lapins normaux ou nourris pendant un certain temps avec des topinambours, l'existence d'une diastase capable de transformer l'inuline en lévulose. M. A. Richaud ne fut pas plus heureux dans des recherches semblables chez le bœuf, le porc, le cobaye et le canard. Ces deux séries de recherches indépendantes ont été publiées en même temps [2]; elles se confirment mutuellement. Nos conclusions étaient celles-ci : jamais le foie ou l'appareil digestif des animaux supérieurs ne sécrètent d'inulase. La digestion de l'inuline se fait dans l'estomac. Cette transformation n'est pas due à un ferment soluble, mais à l'acide du suc gastrique.

Ces expériences avaient été faites avec des macérations d'organes broyés (pancréas, intestin, etc.). On pourrait penser que les résultats négatifs relatifs à la mise en évidence du ferment tenaient à l'emploi de liquides de macérations peu actifs. J'ai donc repris ces expériences en opérant sur le suc pancréatique lui-même, si actif sur l'amidon et le maltose.

Le suc pancréatique était obtenu par fistule temporaire du canal de Wirsung, chez le chien, et après injection de sécrétine.

L'inuline employée a été extraite des tubercules du topinambour et préparée suivant la méthode indiquée par C. Tanret [3].

J'ai fait agir sur l'inuline, à l'étuve à 38°, le suc pancréatique fraîchement recueilli, pur ou dilué en milieu alcalin, neutre ou très légèrement acide. Je n'ai jamais observé la transformation de l'inuline en lévulose.

Par analogie avec l'amidon, on pouvait supposer que l'inuline passait par des produits intermédiaires comparables au maltose, et que la transformation commencée par le suc pancréatique s'achevait au contact de la muqueuse intestinale. La solution d'inuline, après avoir été soumise à l'action du suc pancréatique de chien, fut additionnée de macérations intestinales de lapin ou de chien. Diverses expériences furent faites en utilisant des milieux différents : légèrement alcalins, neutres ou très légèrement acides, tous les résultats furent encore négatifs.

Ces faits viennent confirmer et compléter nos premières expériences. Il semble bien aussi que l'inulase doive être distinguée de l'amylase, de la tréhalase, de la sucrase et

---

(1) J.-R. Green, *Annals of Botany*, t. I, 1888.

(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 5 mai 1900.

(3) C. Tanret, *Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 514.

de la maltase, ainsi qu'il ressortait déjà des recherches de Bourquelot, Chevastelon et A. Richaud [1].

J'ai alors pensé à essayer sur l'inuline le suc hépato-pancréatique d'*Helix pomatia*. Cette fois le résultat fut positif. Le suc digestif d'*Helix* renferme un ferment soluble capable d'hydrater l'inuline; mais comparativement à ce qui se passe pour ce suc vis-à-vis des autres hydrates de carbone, l'attaque de l'inuline est assez lente. Le pouvoir réducteur des digestions, faible au bout de 24 heures, va progressivement avec une grande netteté jusqu'à marquer au bout de 3 jours une hydrolyse de 20 pour 100 de l'inuline soumise à la digestion. Il s'agit bien d'une diastase, car le suc perd son pouvoir digestif vis-à-vis de l'inuline après un chauffage de 10 minutes à 80°. Les digestions ont été faites en présence d'antiseptiques variés (toluol et camphre, thymol et toluol, fluorure de sodium).

Nous faisions constamment, après l'avoir dilué, trois parts du suc recueilli par isolement du tube digestif d'*Helix*. La première était additionnée d'une solution d'inuline; la seconde, préalablement portée 10 minutes à 80°, était après refroidissement additionnée d'une même quantité de la solution d'inuline; la troisième, mise avec de l'eau distillée, était destinée à éviter les erreurs dues aux apports et aux transformations possibles du suc digestif lui-même.

Pour se débarrasser des albuminoïdes, étant donnée la facilité avec laquelle l'inuline s'hydrolyse, on ne chauffait jamais à feu nu les digestions préalablement diluées, mais toujours au bain-marie à 70°. Les dernières traces d'albuminoïdes étaient enlevées, en additionnant à froid les liquides d'acétate de soude, perchlorure de fer, neutralisant et portant au bain-marie à 70°.

On peut plus simplement opérer ainsi : les liquides de digestion, préalablement dilués 8 ou 10 fois avec de l'eau distillée, sont additionnés de nitrate mercurique, neutralisés avec de la soude et filtrés. L'excès de mercure est éliminé par la poudre de zinc ou par l'hydrogène sulfuré. On se débarrasse de H^2S, à froid, au moyen d'une solution de sulfate de cuivre [2].

Les dosages ont été faits par la méthode de G. Bertrand.

On voit que les divers animaux sont capables de digérer l'inuline, seulement ils utilisent pour cette digestion des agents physiologiques différents : chez les animaux supérieurs, la transformation de l'inuline se fait dans l'estomac et cette transformation est due à l'acide chlorhydrique du suc gastrique; les Mollusques, au contraire, sont capables de sécréter un ferment soluble qui pousse l'hydrolyse de l'inuline jusqu'au lévulose. C'est ainsi qu'on rencontre l'inulase à côté des autres ferments digestifs des sucres les plus divers, dans le suc gastro-intestinal d'*Helix*, qui constitue la source la plus riche en ferments hydratants des hydrates de carbone.

---

(1) A. Richaud, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1900.

(2) Aders Plimmer, *Journal of Physiology*, t. XXXIV, nos 1 et 2. — Voir aussi Mlle Bellion, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Lyon, 1909.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence dans le lait de vache d'une anaéroxydase et d'une catalase.* Note de M. **J. Sarthou**, présentée par M. Dastre.

D'après MM. Bordas et Touplain, la caséine insoluble du lait a la propriété de décomposer H^2O^2 et, *par suite*, de produire l'oxydation de la paraphénylènediamine (¹).

Dans les *Comptes rendus* du 8 novembre, je n'ai pas relevé cette action catalytique de la caséine.

La propriété de décomposer H^2O^2 que les auteurs attribuent à la caséine n'appartient pas à ce corps, mais à un mélange de catalase physiologique et de catalase bactérienne; cette dernière sécrétée par les bacilles lactiques qui sont ensemencés dans tout lait laissé quelques instants au contact des germes de l'air.

On le démontre facilement.

(¹) Dans les *Comptes rendus* du 29 novembre dernier, MM. Bordas et Touplain écrivent :

« M. Sarthou, tout en reconnaissant, comme nous l'avions démontré, que la caséine ou, plus vraisemblablement, le caséinate de chaux, décomposait H^2O^2, et non oxydait la paraphénylènediamine, comme nous le fait dire l'auteur de la Note.... »

Il y a là une confusion facile à dissiper.

J'ai écrit, en effet (*Comptes rendus*, 8 nov.) : « Il ne reste plus sur le filtre que la *caséine et la catalase;* cette caséine insoluble, en suspension, etc. »

Elle décompose l'eau oxygénée. C'est du mélange de caséine et de catalase que je parle. Je ne décris, en effet, aucun procédé de séparation des deux principes qui permette de penser autrement.

MM. Bordas et Touplain protestent parce que je leur fais dire que la caséine oxyde la paraphénylène diamine. Je n'avais pas cru indispensable de mentionner la décomposition de H^2O^2. Toutes les réactions qui nous occupent ne se font qu'en sa présence et grâce à sa décomposition *visible ou invisible;* elles sont tellement classiques que je ne pouvais pas penser qu'il pût y avoir un doute. D'ailleurs, MM. Bordas et Touplain eux-mêmes, dans leur Note des *Annales des falsifications* du 7 mai (dernières lignes de la page 194), qui n'est que la répétition des *Comptes rendus*, n'écrivent-ils pas : « Broyé dans quelques centimètres cubes d'eau, chaude de préférence, de manière à gonfler la caséine, *le produit donne une réaction positive à la paraphénylènediamine*, et, de plus, nous avons constaté une décomposition très vive de H^2O^2 par le dégagement d'oxygène formant de nombreuses bulles à la surface du produit essayé. »

La catalase physiologique existe :

Si l'on met dans un uréomètre 40^{cm^3} de lait trait au moment même et 10^{cm^3} de H^2O^2 que l'on agite à plusieurs reprises, on constate après 20 minutes un dégagement d'oxygène variant de 0^{cm^3} à 12^{cm^3}.

La catalase bactérienne existe également :

Stérilisons du lait par la chaleur; il perd la propriété de décomposer H^2O^2. Si l'on ensemence ce lait avec du bacille lactique, en prenant toutes les précautions usitées en bactériologie, on constate qu'il se coagule et qu'il acquiert des propriétés catalytiques qui peuvent être considérables; tout dépend de la race du bacille lactique ensemencé.

Cultivé sur lactosérum stérilisé, ce bacille s'y développe en cultures très épaisses qui décomposent tumultueusement H^2O^2.

Ce n'est donc pas la caséine insoluble ou le caséinate de chaux qui, dans les expériences de MM. Bordas et Touplain, décomposent H^2O^2, mais bien les bacilles lactiques ensemencés dans le lait cru qui résistent au traitement de la caséine par l'alcool et l'éther. Je ne fais pas entrer en ligne la catalase physiologique, qui est toujours en très petite quantité.

Une autre preuve de la présence de la catalase bactérienne réside dans le fait suivant :

Qu'on laisse 48 heures au contact de l'air, à une température de 25° par exemple, du lait nouvellement trait dont on aura dosé la catalase physiologique. Qu'on titre après ce laps de temps le pouvoir catalytique du lait; il sera devenu considérable, les bactéries lactiques ayant considérablement pullulé sous l'influence de la température. La caséine n'a cependant pas augmenté.

Si, dans leurs expériences, les auteurs retrouvent dans les laits cuits cette même propriété décomposante vis-à-vis de H^2O^2, c'est que ces laits s'ensemencent de nouveau à l'air. Dans ce cas, le pouvoir catalytique est exclusivement dû à la catalase bactérienne.

En second lieu, l'oxygène dégagé dans ces conditions est *sans action* sur la paraphénylènediamine : c'est de l'oxygène inactif, contrairement à l'oxygène actif qui provient de la *décomposition sans dégagement visible* de l'eau oxygénée par les enzymes oxydants, en l'espèce par l'anaéroxydase.

Prenons du lait cuit ensemencé par du bacille lactique. Il décompose abondamment H^2O^2, mais ne colore ni la paraphénylènediamine [1], ni le gaïacol.

---

[1] J'entends la coloration instantanée, comme celle qui se produit dans les laits crus. La caséine sous certains états physiques peut, en effet, colorer la paraphénylène

Des cultures sur lactosérum stérilisé par la chaleur décomposent de même H^2O^2, mais n'oxydent en aucune façon les réactifs.

L'oxygène visible se dégageant en bulles dans l'expérience de MM. Bordas et Touplain n'a donc aucune action oxydante.

Nous croyons, en résumé, avoir suffisamment démontré que :

1° La caséine insoluble ne jouit d'aucune propriété catalytique;

2° L'action catalytique mentionnée par MM. Bordas et Touplain est due à des ferments lactiques;

3° L'oxydation des réactifs facilement oxydables n'est pas sous la dépendance de l'oxygène visible provenant de la décomposition de H^2O^2 par les bactéries.

ZOOLOGIE. — *Sur la structure des protubérances épidermiques de certains Amphibiens urodèles et sur leurs affinités morphologiques avec les poils.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai fait allusion, dans une Communication précédente (séance du 6 décembre 1909), consacrée à la distribution géographique des Amphibiens urodèles du genre *Euproctus* Géné, aux papilles épidermiques de ces derniers. La structure de ces protubérances a été étudiée par plusieurs auteurs, notamment par Wiedersheim et par Lessona. Ces recherches, incomplètes sur plusieurs particularités intéressantes, n'en font point ressortir le côté important, à savoir une remarquable ressemblance avec les poils des Mammifères quant à la disposition générale et à la composition histologique.

Ces protubérances recouvrent le corps entier; elles sont pourtant plus nombreuses sur les régions dorsales et latérales que sur les autres. Leur distribution ne montre aucune obligation particulière de dessin ni d'ornement; elle est totale. Ces excroissances mesurent un quart à un demi-millimètre de hauteur; leurs intervalles comptent 1^{mm} à 3^{mm}, rarement davantage. Chacune a l'aspect d'un cône, dont la large base s'attache aux téguments, dont le sommet, pointu et solide, tranche sur l'ensemble par sa teinte noire ou brun foncé.

Toutes ont une structure identique. Chaque protubérance offre deux couches, l'une

---

diamine sous l'influence de H^2O^2. Que l'on mette sur du papier à filtrer, sur de la ponce, comme l'ont fait MM. Bordas et Touplain, une goutte de H^2O^2 puis une goutte de réactif de Storch, et il se développe à peu près instantanément la coloration bleu indigo, caractéristique de l'oxydation. La paraphénylène ne doit donc être employée dans la recherche des ferments qu'avec beaucoup de circonspection.

superficielle et enveloppante, l'autre centrale; les seuls noms qui conviennent pour désigner ces assises sont, comme à l'égard des poils, ceux d'*écorce* et de *moelle*. L'écorce consiste en une lame de cellules aplaties, dont le noyau a disparu ou est en voie de disparition, dont le cytoplasme est fortement pigmenté; elle se continue, vers la base de l'éminence, avec la couche cornée, plus mince encore, de l'épiderme normal. La moelle se compose de cellules polyédriques, non pigmentées, semblables à celles de l'épiderme ordinaire, et ne différant de ces dernières que par leur assemblage en plus grand nombre, comme par leur groupement en un organe surtout étiré en hauteur.

Toutes proportions gardées, la ressemblance de ces appareils aux poils est frappante quant à la structure histologique. La seule différence qualitative concerne les follicules d'implantation, présents chez ceux-ci, absents chez ceux-là. Ce n'est point le lieu de discuter en détail ces concordances ou ces dissemblances, d'évaluer leur portée, en se demandant si elles résultent d'une convergence secondaire, ou si elles sont essentielles et primitives, l'absence de complication dans le cas le plus simple tenant aux conditions mécaniques liées à la petitesse de l'appareil. Les relations avec les glandes tégumentaires mériteraient, en outre, de s'examiner. Sans aller aussi loin, je terminerai en exposant les conclusions qui découlent de mes observations.

On a l'habitude de décrire les Amphibiens comme privés, sauf les écailles des Gymnophiones, d'appendices tégumentaires du type des phanères. On fait même de cette privation un caractère de la classe, en l'opposant à la richesse du système glandulaire de la peau. Ceci n'est point exact. Les papilles et verrues de nombreux Amphibiens ne méritent guère, il est vrai, le titre de phanères, car elles n'ont aucune individualité, et correspondent seulement à des saillies intéressant à la fois toutes les couches tégumentaires; mais non les protubérances épidermiques mises ici en cause, nettement individualisées et spécialisées. Du reste, ces dernières existent aussi chez d'autres genres voisins d'*Euproctus*, tels que *Pleurodeles*.

Les théories proposées au sujet de la phylogénie des poils sont nombreuses. On a rapproché successivement ces organes : 1° des écailles placoïdes des Sélaciens et, par là, des dents; 2° des écailles cornées des Reptiles et, par là, des plumes; 3° d'excroissances cutanées semblables à celles que portent divers Poissons; 4° des corpuscules sensitifs tégumentaires de la ligne latérale des larves d'Amphibiens.

A mon avis, ces diverses opinions sont peu acceptables. Les véritables affinités naturelles des poils paraissent plutôt tournées vers des phanères strictement épidermiques, implantés sur les téguments au lieu d'être inclus,

de distribution générale et non localisés, c'est-à-dire vers des appareils comparables aux protubérances dont il est ici question. La rareté de ces dernières ne saurait créer une objection; les organes représentatifs ne sont pas forcément fréquents; et, du reste, les Amphibiens ainsi pourvus montrent, par leur distribution géographique, qu'ils sont d'une grande ancienneté.

Les hypothèses relatives à la phylogénie des Mammifères ne sont guère envisagées qu'à l'aide de considérations ostéologiques : les relations les plus directes de la classe semblent dirigées vers les Reptiles primitifs du groupe des Théromorphes. Les considérations, tirées du revêtement pileux si caractéristique, peuvent désormais entrer en compte, grâce à cette notion des protubérances épidermiques d'Amphibiens. Certains groupes importants des Reptiles anciens, les Ichthyosauriens par exemple, avaient la peau nue. Il est permis d'en conclure, considérant à la fois les Amphibiens actuels et ces êtres disparus, que, en l'absence d'écailles et de squelette dermique, de telles protubérances pouvaient recouvrir les téguments de certains des premiers Vertébrés adaptés à la respiration aérienne, et donner ainsi la base organique d'où les poils sont issus.

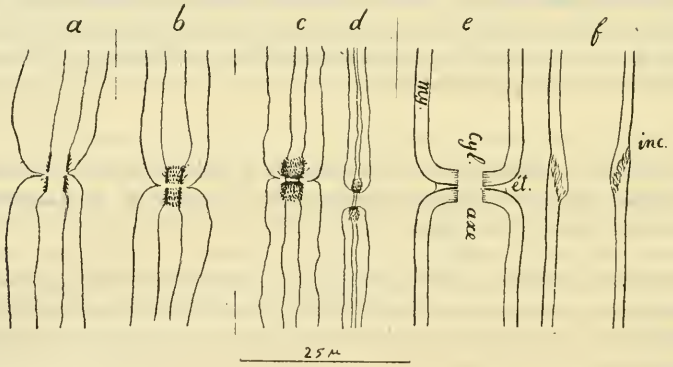
HISTOLOGIE. — *Sur une nouvelle formation de la gaine de myéline : le double bracelet épineux de l'étranglement annulaire.* Note de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Henneguy.

L'étude des fibres à myéline, poursuivie au point de vue de la recherche histologique des composants lipoïdes, m'a permis d'observer quelques faits, dont les uns sont nouveaux et dont les autres viennent compléter les notions classiques.

La présente Note est consacrée à la description d'une formation périaxile, située au niveau des étranglements annulaires dans le système nerveux central et dans les nerfs périphériques, à laquelle je propose de donner le nom de *double bracelet épineux*.

Cette structure se colore sans difficulté par la technique d'Altmann, après fixation au bichromate de potasse. Elle est formée d'une grande quantité d'épines qui entourent le cylindraxe sur une certaine étendue au-dessus et au-dessous de l'étranglement annulaire. La portion de cylindraxe embrassée est rétrécie et régulièrement calibrée; au delà, on observe habituellement un léger renflement et l'axone prend l'aspect irrégulier qu'il doit aux fixateurs.

Les épines sont régulièrement disposées en cercles parallèles; leurs pointes se recourbent dans la direction du segment interannulaire auquel elles appartiennent; leur longueur est à peu près uniforme, pourtant on en voit souvent deux ou trois qui dépassent le rang et s'allongent pour se terminer dans l'épaisseur de la myéline, soit par une pointe effilée, soit par une petite nodosité. En plusieurs points il m'a semblé voir un filament incolore prolonger ces épines, qui ne sont peut-être que les pièces basales d'une structure filamenteuse plus étendue. La trace de l'étranglement est marquée par un espace clair qui partage en deux moitiés égales le cylindre épineux ainsi formé. Dans les nerfs périphériques et dans les gros tubes de la substance blanche de la moelle, cet espace est très étroit; dans les petites fibres des centres il peut s'agrandir beaucoup. Le point de départ des collatérales dans la moelle qui, comme on le sait, se trouve au niveau d'un étranglement, est indiqué par la rencontre de trois bracelets simples.



Tubes nerveux du Cobaye : *a*, *b*, fibres du sciatique, fixées au bichromate de potasse et colorées par la technique d'Altmann; *c*, *d*, fibres des cordons latéraux de la moelle, fixées et colorées de même; *e*, fibre du sciatique observée à l'état vivant, au niveau d'un étranglement annulaire; *f*, fibre semblable, observée de même, au niveau d'une incisure de Schmidt-Lantermann (obj. apochr. Zeiss, 2mm; ouv. 1,40; oc. comp. 8).

Cyl. axe, cylindraxe; *my.*, gaine de myéline; *ét.*, étranglement annulaire; *inc.*, incisure de Schmidt-Lantermann.

La figure ci-dessus représente des tubes nerveux de Cobaye dessinés à la chambre claire, à un grossissement de 1200 diamètres : en *a*, on voit un gros tube du sciatique, dessiné en mettant au point seulement le plan axial; dans la fibre *b*, le double bracelet a été dessiné dans son ensemble, en mettant au

point tous les plans successivement; *c* et *d* sont deux fibres, grosse et fine, des cordons latéraux de la moelle. On remarquera que la hauteur de chaque portion du double bracelet est sensiblement égale à l'épaisseur qu'a prise la gaine de myéline sous l'influence des réactifs; c'est là un point à noter.

Pour comprendre exactement la signification de cette structure, il faut se reporter, d'une part, à l'image fournie par le tube nerveux vivant et, d'autre part, à la notion de la structure lamelleuse de la myéline.

A l'état vivant on sait que le cylindraxe, dans toute l'étendue du segment interannulaire, est régulièrement calibré et beaucoup plus volumineux qu'après fixation au bichromate. On sait aussi qu'il présente un rétrécissement sur une certaine hauteur, au niveau de l'étranglement annulaire (fibre *e* de la figure). Un examen attentif m'a montré que la hauteur du rétrécissement, de part et d'autre de l'étranglement, est rigoureusement égale à l'épaisseur de la gaine de myéline. Vue en coupe optique suivant un plan axial, la couche de myéline, au voisinage de l'étranglement, se recourbe, comme sous l'influence d'un emboutissage; elle décrit un quart de cercle pour venir tomber normalement sur le cylindraxe au niveau de sa portion rétrécie. Il s'ensuit que les rapports de l'axone avec la gaine de myéline ne sont pas les mêmes dans le segment interannulaire et dans la portion rétrécie; dans le premier, l'axone est en contact avec la face interne de la gaine; dans la seconde, il adhère à une section transversale de cette gaine. Cette différence se traduit à l'œil par le contraste qui existe entre la netteté de la ligne de séparation, au niveau du segment interannulaire, et la difficulté qu'on éprouve à distinguer l'axone de sa gaine, au niveau du point rétréci. Par l'effet des réactifs le cylindraxe se rétracte beaucoup dans sa portion interannulaire, tandis qu'il change peu au niveau de son rétrécissement; la gaine de myéline se gonfle notablement et l'on voit la hauteur de la portion rétrécie du cylindraxe s'allonger d'autant, si bien qu'elle reste toujours égale à l'épaisseur acquise par la gaine de myéline.

De ce qui précède je crois pouvoir conclure que le double bracelet épineux siège au point de contact entre la portion rétrécie du cylindraxe et une surface de la gaine de myéline qui répond à une section normale devenue, par suite d'une inflexion, parallèle à l'axe de la fibre. L'ensemble de cette disposition ne se comprendrait pas si la myéline était une substance amorphe. En réalité sa structure est fort complexe; elle contient des formations radiées, découvertes par Stilling, Lantermann et étudiées par les auteurs récents, dans lesquelles j'ai démontré l'existence de nombreuses mitochondries transversales; mais d'autre part elle se décompose souvent, après fixation, en lamelles concentriques. Or l'examen attentif, pratiqué à l'état vivant, permet d'affirmer que cette structure feuilletée préexiste à l'action des réactifs.

En effet, si l'on examine les fibres en des points où elles ont été légèrement tiraillées, sans avoir subi d'autre déformation de leur myéline ou de leur cylindraxe, on constate

qu'au niveau des incisures de Schmidt-Lantermann les lamelles se sont disjointes, comme s'il s'était produit un léger glissement au niveau de leur insertion sur la membrane des incisures; cet aspect, connu après fixation par divers réactifs, et attribué généralement à un pur artifice, s'observe très nettement dans les fibres vivantes (fibre *f* de la figure).

D'autre part il se produit souvent, dans les mêmes conditions et par le même mécanisme, au niveau des portions rétrécies de l'axone, de petites fissures parallèles qui partent de l'axone perpendiculairement pour s'étendre plus ou moins loin dans l'épaisseur de la couche de myéline, en suivant ses inflexions ; cet aspect est figuré dans la fibre *e*, au degré le moins accusé qu'il puisse présenter; il résulte de l'écartement des lamelles tiraillées au niveau de leur insertion sur le cylindraxe et exclut toute supposition de précipité périodique, puisqu'en ce point le clivage se montre perpendiculaire à une surface de la myéline.

En dernière analyse, je me trouve amené à considérer les rangées d'épines des doubles bracelets périaxiles comme étant en rapport avec la disposition feuilletée de la myéline, sans qu'il me soit permis de préciser davantage pour l'instant.

HISTOLOGIE. — *Sur la structure des cellules nerveuses ganglionnaires de la moelle amyélinique des Cyclostomes.* Note de M. **J. Mawas**, présentée par M. Henneguy.

Mes recherches ont porté sur des moelles de *Petromyzon marinus* Lin. et d'*Ammocetes branchialis* Bloch. fixées et colorées par différentes méthodes. J'ai spécialement en vue dans cette Note l'étude des fragments fixés par le bichromate-formol, suivi d'un long mordançage dans le bichromate de potasse, avec coloration successive par l'hématoxyline au fer et le picroponceau. Ce procédé, qu'a fait connaître mon maître, M. Regaud (1908-1909), fixe admirablement le cytoplasma des cellules nerveuses de la grande Lamproie (*Petromyzon mar.*), et il permet la mise en évidence de nombreux détails et d'inclusions protoplasmiques, du plus haut intérêt.

Les cellules ganglionnaires de la moelle de l'animal adulte peuvent être divisées en deux groupes : les grosses cellules nerveuses et les petites. Je décrirai, pour chacun de ces deux groupes, d'abord le noyau, puis le protoplasma.

a. Petites cellules nerveuses. — Le noyau de ces cellules n'offre rien de particulier à signaler, sinon un ou deux gros nucléoles se colorant intensément en noir par l'hématoxyline. Leur position est très variable dans le noyau ; le nucléole peut soulever la membrane nucléaire et faire hernie dans le cytoplasma. Le protoplasma dans sa majeure partie est rempli par une série de formations filamento-granuleuses, à direc-

tion générale concentrique par rapport au noyau. Les granulations sont très fines, rondes et paraissant homogènes. Les filaments, comme les granulations, sont électivement colorés en noir par l'hématoxyline.

b. Grosses cellules nerveuses. — Les grosses cellules nerveuses ont un noyau qui ressemble de tout point à celui des petites cellules. Il n'en est pas de même de la structure du protoplasma.

Déjà à un faible grossissement, le protoplasma de ces cellules apparaît comme moins dense, moins coloré que le précédent. En effet, ici point de formations filamento-granuleuses, denses et serrées, occupant la majeure partie du protoplasma : mais des vésicules, dont le centre est gris clair et l'écorce très colorée en noir. Ces vésicules sont de beaucoup plus considérables que les fines granulations qu'on voit dans les autres cellules. Elles sont le plus souvent arrondies.

C'est autour et dans le voisinage du noyau qu'elles sont le plus nombreuses. Les prolongements dendritiques en contiennent aussi, mais peut-être en moindre quantité. Cela varie d'ailleurs suivant l'élément qu'on considère. Quoi qu'il en soit, leur position est à ce niveau caractéristique; elle est ordonnée par rapport au grand axe du prolongement dendritique. Bien plus, les vésicules s'allongent et s'étirent de façon à simuler un bâtonnet plus ou moins trapu, sans pour cela perdre leur aspect vésiculaire. Leur distribution n'est pas indifférente, ni partout égale : certains points du prolongement dendritique en sont plus richement pourvus que d'autres. Après une première dichotomie du dendrite, et même à la périphérie de la moelle, loin de toute cellule ganglionnaire, les prolongements protoplasmiques contiennent de ces mêmes formations vésiculeuses. Cependant, là, leur nombre commence à diminuer. Par endroits, elles ont complètement disparu. En leurs lieu et place, et présentant la même orientation, apparaissent des formations filamenteuses et de très fines granulations, colorées également en noir par l'hématoxyline au fer.

Quelle est la signification et l'importance de ces formations ?

En ce qui concerne les filaments et les grains des petites cellules nerveuses, je crois qu'il s'agit bien ici de formations mitochondriales, comparables à celles décrites par Altmann, Held, Levi, Meves, Nageotte dans d'autres cellules nerveuses. Chez les Cyclostomes, elles sont exclusivement cantonnées dans les petites cellules. Quant aux autres inclusions que je viens de décrire, les vésicules, leur présence n'a pas encore été signalée. Ces formations vésiculeuses sont extrêmement solubles dans les réactifs ; un mordançage prolongé dans le bichromate est nécessaire pour les insolubiliser et permettre leur coloration sur coupe. Ces vésicules se colorent comme les mitochondries, elles sont imprégnées de la même substance labile ; ce sont des enclaves, des vésicules lipoïdes, comparables à celles découvertes et décrites par mon maître, M. Regaud, dans le testicule, et qu'on trouve dans d'autres organes. Leur présence dans la cellule nerveuse, et en nombre plus grand que partout ailleurs, est très importante à noter, à cause précisément du rôle que jouent les lipoïdes dans la physiologie et la pathologie de la cellule nerveuse.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Immunisation contre le cancer de la souris inoculée avec des tumeurs modifiées par les rayons X.* Note [1] de M. **A. Contamin**, présentée par M. Bouchard.

Nous avons vu, après de nombreux autres expérimentateurs, qu'une souris, qui a résorbé spontanément sa tumeur, est immunisée vis-à-vis d'une seconde inoculation (de la même tumeur).

Des expériences personnelles nous ont montré que la résorption, artificiellement provoquée par les rayons X [2], entraîne la même immunisation.

Nous avons employé : soit la tumeur en voie de résorption sur la souris, après irradiation de celle-ci, soit les cellules cancéreuses irradiées après ablation de la tumeur.

Quand nous avons utilisé une tumeur en voie de résorption sur la souris, nous avons eu des résultats inconstants; parfois, il y avait développement de tumeur presque aussi prolifique qu'après inoculation de cellules intactes.

Il est préférable d'utiliser des tumeurs irradiées après ablation, l'irradiation étant ainsi plus facilement obtenue de façon uniforme.

Exemple :

Nous prenons les 15 souris du premier lot de l'expérience précédemment relatée, pesant 240^g. Nous les inoculons, ainsi que 15 souris témoins pesant 227^g. 21 jours après, les souris du premier lot pèsent 270^g, avec trois succès seulement sur 15; les souris témoins pèsent 360^g avec 12 succès sur 15. Le premier lot était donc en grande partie immunisé.

Lorsque les tumeurs étaient étalées sur lame de plomb ou placées dans un mortier de porcelaine, pour l'irradiation, leur inoculation n'a produit ni développement de tumeur, ni plastron, ni immunité (probablement par excès d'action dû aux rayons secondaires).

Dans un lot, nous avons même obtenu une hypersensibilité à l'inoculation ultérieure.

En résumé :

1° Une souris cancéreuse, dont la tumeur s'est résorbée sous l'influence des rayons X, est immunisée.

---

(1) Présentée dans la séance du 27 décembre 1909.

(2) A. Contamin, *Rayons X et souris cancéreuses* (*Comptes rendus*, 27 décembre 1909).

2° L'inoculation d'une tumeur en voie de résorption sur l'animal, ou mieux d'une tumeur irradiée après ablation, peut également provoquer l'immunité.

3° Le mode et la puissance de l'irradiation ont une grande importance, puisqu'une irradiation trop intense peut neutraliser le pouvoir immunisant, ou même le transformer en pouvoir favorisant.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur les inclinaisons du voile de l'aile de l'insecte pendant le vol.* Note de M. L. **Bull**, présentée par M. A. Dastre.

J'ai montré dans une Note antérieure [1] la trajectoire décrite par l'aile de l'insecte et les différentes inclinaisons du voile pendant les premiers instants du vol. Dans la présente Note je chercherai à mettre en lumière la cause à laquelle il faut attribuer ces changements d'inclinaison.

Ces changements ne sont certainement pas dus, comme le pensait Marey [2], à la résistance de l'air seule agissant sur une surface à bord postérieur flexible animée d'un simple mouvement de va-et-vient. Cette hypothèse se trouverait vérifiée si le voile présentait une forme convexe dans le sens du mouvement. Or il n'en est rien; les photographies montrent au contraire que le voile est concave. L'aile est d'une très grande rigidité pendant tout son mouvement; ce n'est qu'à un seul moment de sa révolution, celui où elle commence son mouvement de retour en arrière et où elle paraît éprouver une résistance considérable, qu'on observe une certaine flexion.

De plus, le moment le plus efficace du coup d'aile n'est pas au milieu de chacune de ses phases, où il se trouverait évidemment dans le cas d'une inclinaison passive du voile de l'aile. Les mesures effectuées sur les images photographiques montrent que, dans une révolution complète, le maximum de vitesse ascensionnelle du corps de l'insecte, ainsi qu'un accroissement notable de sa vitesse horizontale, s'observent toujours, du moins chez l'Agrion, à la fin de la phase d'abaissement des ailes, lorsqu'elles contournent la boucle inférieure de leur trajectoire. C'est alors que le voile de l'aile montre la flexion et l'aspect tordu dont j'ai déjà parlé.

Ces divers effets ne peuvent résulter que d'une action à ce moment plus

---

(1) Bull, *Recherches sur le vol de l'insecte* (*Comptes rendus*, 22 novembre 1909).

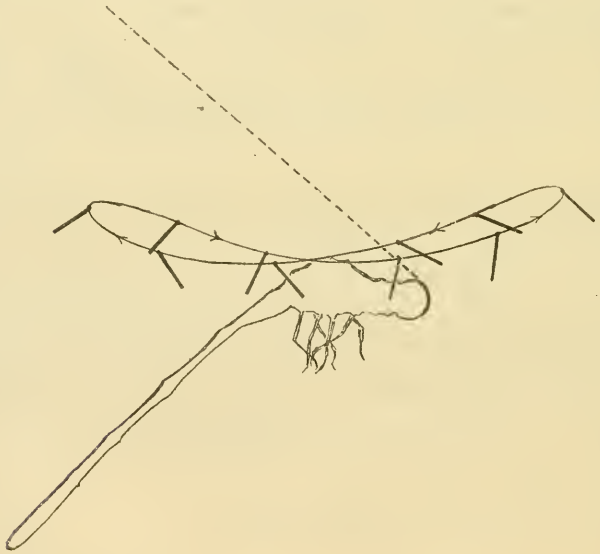
(2) Marey, *Reproduction mécanique du vol des insectes* (*Comptes rendus*, 15 mars 1869).

énergique de la part de l'insecte, car à l'extrémité supérieure de leur trajectoire les ailes renversent leur mouvement sans montrer aucun effet analogue; le voile paraît tout à fait plan pendant qu'il change d'inclinaison en ce point.

Pour m'assurer que l'insecte était capable de donner aux plans de ses ailes, en dehors de toute action de l'air, ces différentes inclinaisons, j'ai fait l'expérience suivante :

J'ai coupé à une Tipule, fixée devant l'appareil chronophotographique, les sept huitièmes environ de la longueur de chaque aile. En excitant l'insecte, j'ai provoqué le battement de ses moignons et j'ai constaté sur les photographies prises pendant le mouvement que, malgré cette suppression presque totale du voile, les inclinaisons de la petite portion qui restait, au lieu de diminuer, s'accentuaient davantage.

J'ai eu d'ailleurs l'occasion d'observer, sur une série d'images d'un Agrion volant en arrière et vers le haut, la part active que prend l'insecte en liberté aux changements d'inclinaison du voile de ses ailes (voir la figure). On voit d'abord que l'animal incline



l'axe de son corps de façon à rendre horizontale la trajectoire de ses ailes. S'il n'apportait aucune part active aux changements d'inclinaison du voile, celui-ci serait incliné pendant chaque phase du battement comme il l'est pendant le vol horizontal en

avant [1], c'est-à-dire à 45° environ sur la direction de la trajectoire. L'action de la résistance de l'air sur des surfaces inclinées de cette façon a pour effet probable de diriger le vol verticalement vers le haut. Mais l'examen attentif des épreuves montre que pendant le mouvement d'arrière en avant de l'aile, son plan se rapproche beaucoup plus de la verticale que pendant son retour d'avant en arrière. Grâce à cette modification l'insecte, tout en conservant un mouvement ascensionnel, se déplace vers l'arrière.

Quand l'insecte vole en arrière sans déplacer sensiblement l'axe de son corps, ce qu'on voit souvent chez les Hyménoptères et chez les Libellules, ces modifications de l'inclinaison du plan doivent certainement s'accentuer davantage.

Ces expériences m'ont convaincu que c'est l'insecte lui-même qui détermine l'inclinaison du plan de ses ailes et qu'il la modifie à volonté selon ses besoins. C'est ainsi qu'il règle en majeure partie la direction de son vol, sa stabilité et aussi sa vitesse; car, à l'état normal l'insecte ne varie que dans de faibles limites la fréquence de ses battements d'aile.

MÉDECINE. — *Recherches sur la paralysie infantile expérimentale.* Note de MM. C. **Levaditi** et K. **Landsteiner**, présentée par M. E. Roux.

Nous résumons dans la présente Note quelques nouveaux faits concernant l'étude expérimentale de la paralysie infantile [2].

1° *Conservation du virus dans la glycérine.* — Dans des recherches antérieures, nous avons montré que le virus (fragments de moelle) conservé dans de la glycérine (1 partie pour 2 parties d'eau salée) garde son activité au moins pendant 7 *jours* (température de la glacière). *Nous avons constaté depuis que cette conservation peut durer* 20 *et* 22 *jours au moins* (*Rhesus* 45, reçoit en injection cérébrale et péritonéale la moelle de *Rhesus* L. gardée dans de la glycérine pendant 20 jours; il se paralyse après 10 jours d'incubation; *Rhesus* 34, reçoit la moelle du Mandril 1, conservée pendant 22 jours; paralysie le onzième jour).

2° *Vaccination préventive.* — Des moelles conservées d'après le procédé de Pasteur, appliqué à la rage, sont triturées, additionnées d'eau salée et injectées sous la peau à la dose de 2^{cm^3}, journellement. Les *Rhesus* 37 et 36 reçoivent du 3 au 10 décembre : moelles de 9 jours, 9 jours, 6 jours, 6 jours, 5 jours, 5 jours, 4 jours, 3 jours. Le *Rhesus* 37 est infecté en même temps que le témoin *Cercopith.* 51 (injection dans le cerveau et le péritoine) 10 *jours* après la dernière injection vaccinante. Le témoin est paralysé le douzième jour et est mourant 3 jours après; le vacciné a

---

[1] Une mauvaise orientation de la figure insérée dans ma Note du 22 novembre représente la direction du vol comme ascendante, tandis qu'elle doit être horizontale.

[2] *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1909, séances du 27 novembre et du 18 décembre; *Comptes rendus*, 3 janvier 1910.

supporté sans troubles apparents l'inoculation d'épreuve. — Le *Rhesus* 36 est infecté en même temps que le témoin *Cynomolg.* 59, 19 jours après la dernière inoculation vaccinante. Le témoin est paralysé après une incubation de 4 jours et est mourant le lendemain; le vacciné ne montre jusqu'à présent aucun signe morbide.

Il en résulte que la vaccination préventive des animaux, au moyen des moelles desséchées, est possible. Ajoutons que ces moelles sont virulentes en *injection intra-cérébrale;* la plus ancienne d'entre elles, celle de *neuf jours*, a conféré la maladie à un singe, comme nous l'avons déjà dit antérieurement (¹).

Nous avons tenté de vacciner deux animaux en leur injectant sous la peau des émulsions de *moelles d'animaux infectés, préalablement chauffées à* 56° pendant 30 minutes. Cette tentative a complètement échoué (²).

PATHOLOGIE. — *Sur un nouveau spirille du* Cercopithecus patas. Note de MM. **A. Thiroux** et **W. Dufougeré**, présentée par M. Laveran.

On a décrit jusqu'à ce jour de très nombreuses spirilloses sanguines : spirilloses de l'homme (fièvre récurrente, tick fever), du surmulot, du bandicot (Indes anglaises), de la souris, de la chauve-souris, du bœuf, du mouton, du cheval, ainsi que d'oiseaux divers (oies, poules, etc.) et d'un

---

(¹) Landsteiner et Levaditi, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, séance du 18 décembre 1909.

(²) Une Note de MM. Flexner et Lewis (*The Journ. of americ. Assoc.*, 1er janvier 1910), concernant des tentatives de culture du microbe filtrant de la poliomyélite aiguë, me détermine à rapporter les essais que j'ai faits dans la même direction. Un filtrat sur Berkefeld, ayant conféré la maladie à un *Callitrich.*, a été additionné de bouillon et conservé 15 *jours* à 38°. A ce moment il paraît légèrement louche. Une portion est ensemencée dans un mélange de bouillon et de sérum de singe et placée à l'étuve; une autre partie est inoculée au *Sinicus* 12. L'animal est paralysé le vingtième jour et sa moelle montre des lésions typiques. Le virus s'est donc conservé pendant 15 jours à la température du thermostat. Quant au tube bouillon-sérum de deuxième ensemencement, *il s'est troublé le dixième jour.* Deux passages ultérieurs sur le même milieu (sérum de singe ou de lapin) ont également provoqué un trouble, mais moins apparent que la première fois. L'examen microscopique, fait d'après les procédés ordinaires, ne révèle la présence d'aucun microorganisme bien défini et l'ensemencement sur gélose ou bouillon est resté stérile. Toutefois, en me servant de la méthode de Löffler, appliquée suivant les indications de Borrel, j'ai pu déceler des corpuscules très petits, difficilement colorables, ayant une forme ovalaire. En colorant par la fuchsine diluée, ces corpuscules apparaissent comme de toutes petites formations ovalaires, claires, entourées d'une zone rougeâtre et disposées parfois en amas. Levaditi.

requin. Les spirilloses se retrouvent dans la série animale à peu près en aussi grand nombre que les trypanosomiases.

Chez un *Cercopithecus patas* provenant de Kayes (Soudan français), nous avons rencontré un spirille qui se rapproche beaucoup, par ses caractères morphologiques, du spirille de la tick fever de l'homme, *Spirillum Duttoni*. Il mesure 15μ à 20μ de long sur 0μ,25 de large. Il comprend d'habitude 5 à 6 tours de spire lâches. On rencontre quelquefois des parasites complètement enroulés sur eux-mêmes ayant l'aspect de cercles fermés, comme cela s'observe souvent pour le spirille des Bovidés [1].

La spirillose du *C. patas* provoque, chez cet animal, une maladie assez grave, caractérisée par des accès fébriles irréguliers, sans que ces accès correspondent à la présence dans le sang de parasites visibles à l'examen microscopique direct. Dans les intervalles pendant lesquels les spirilles disparaissent de la circulation, le sang du singe reste infectant pour les animaux sensibles, souris et rats. L'animal que nous avons eu entre les mains était atteint d'atrophie du globe oculaire droit avec opacité légère de la cornée, lésions qui nous avaient fait d'abord penser à l'examiner au point de vue de la trypanosomiase. Enfin il a présenté, peu de temps après la disparition définitive des spirilles de son sang, des crises épileptiformes très curieuses, qui nous ont amenés à soupçonner une localisation des parasites dans les méninges, analogue à celle qu'on observe chez les malades du sommeil. Nous avons en effet retrouvé chez l'animal sacrifié des spirilles dans le liquide d'un assez volumineux épanchement de liquide céphalo-rachidien (10cm³ environ) qui comprimait plus spécialement la face postérieure de l'hémisphère gauche, épanchement qui avait provoqué l'atrophie de l'œil du côté opposé et les crises épileptoïdes.

Les passages en série du spirille du singe se font facilement chez les souris. Le parasite apparaît 2 à 6 jours après l'inoculation. Pendant la période d'infection, il est presque constamment présent dans le sang; il en disparaît souvent quelques jours avant la mort, qui se produit au bout de 25 à 26 jours.

Les rats, *Mus decumanus* et *Mus rattus*, dont nous nous sommes servis vivent mal en captivité et il est plus difficile de suivre l'infection chez eux. Ils semblent moins sensibles à l'inoculation du spirille que les souris, quelques-uns sont réfractaires; nous n'avons pas encore réussi à pratiquer chez eux des injections en série.

L'inoculation aux oiseaux et aux animaux à sang froid (varans, serpents) est restée négative.

Nous proposons de nommer ce nouveau spirille *Spirillum pitheci*.

---

(1) A. Laveran, *Comptes rendus*, 20 avril 1903.

GÉOLOGIE. — *Prolongement des minerais de fer oolithique siluriens de la presqu'île armoricaine sous le Bassin de Paris.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. Michel Lévy.

Il est démontré qu'à l'époque silurienne, la mer qui couvrait une grande partie de l'Europe était limitée à l'Ouest par un continent, situé sur l'emplacement de l'Atlantique Nord.

Pour la presqu'île armoricaine, en particulier, cette notion ressort avec évidence des transformations subies par les sédiments siluriens, quand on les suit de l'Est à l'Ouest. L'accroissement d'épaisseur, parfois considérable, de plusieurs formations détritiques cambriennes et ordoviciennes, le grand développement des poudingues de la base du Cambrien et la disparition progressive des calcaires de la vallée de la Laize, dans la direction de l'Ouest, sont autant de faits témoignant de l'existence d'un rivage du côté de l'Atlantique.

Si l'on figure sur une Carte de France, au millionième, les gîtes exploitables ou exploités de minerais de fer oolithique siluriens de la presqu'île armoricaine, on constate qu'ils se groupent tous en bordure du Bassin parisien. Il en résulte que les conditions favorables à la genèse des dépôts qui sont devenus, avec le temps, les minerais de fer que j'ai caractérisés dans deux Notes récentes, n'ont été réalisées qu'à une grande distance de la terre ferme. A cet égard, les minerais siluriens se comportent exactement comme les calcaires de la vallée de la Laize : les uns et les autres se développent dans la presqu'île armoricaine, en fonction de l'éloignement des rivages.

Les sédiments, transformés en minerais de fer, correspondent, au même titre que les marbres cambriens, à des conditions de sédimentation exceptionnelles pour la région considérée. Deux faits indiscutables découlent, en effet, des recherches auxquelles je me suis livré. Ces dépôts étaient oolithiques à l'origine, et les matériaux détritiques sont restés en moyenne presque totalement étrangers à leur genèse, alors que tout le Silurien armoricain est d'origine clastique. Ces conditions particulières de sédimentation ont donné naissance à des calcaires oolithiques à l'époque ordovicienne, à une grande distance de la côte, comme elles ont engendré des calcaires durant le Cambrien. Ce sont ces mêmes calcaires oolithiques qui, après de multiples métamorphoses, sont devenus des minerais oolithiques de composition très variée.

Il est acquis, en toute hypothèse, que les minerais siluriens en question sont étroitement cantonnés à l'Est de l'Armorique et que certains gîtes sont

exploités, ou simplement explorés, sous le bord occidental de la couverture de terrains secondaires du Bassin de Paris.

Où s'arrête le minerai de fer oolithique dans la direction de l'Est ? Il doit s'étendre bien loin sous le Bassin parisien, si l'opinion que j'ai exprimée sur la nature première des dépôts ferrugineux est conforme à la vérité. Il y a même une raison de supposer que son épaisseur est susceptible d'augmenter graduellement, mais jusqu'à une distance inconnue. Je suis guidé en cela par l'idée théorique suivante : Les minerais dérivent de calcaires. Or il est infiniment probable que la formation calcaire s'épanouissait vers le large, et partant que les minerais qui en occupent la place se développent pareillement dans la même direction. Mon hypothèse est-elle fondée, les gisements connus ne sont, dans leur ensemble, que l'extrémité de gîtes qui ont leur principal développement sous le Bassin de Paris.

Il semble résulter, d'observations que j'ai faites dans la concession de La Ferrière-aux-Étangs (Orne), que l'enfouissement des minerais, sous une grande épaisseur de terrains secondaires, n'aurait qu'une faible répercussion sur leur composition. La seule modification notable porterait sur les substances introduites dans le dépôt par l'intermédiaire des eaux météoriques. La quartzification, en particulier, serait faible ou nulle.

Certaines réserves s'imposent, lorsqu'on envisage la question au point de vue pratique. Il convient de ne chercher le minerai qu'en s'aidant de toutes les lumières de la Géologie. Le suivre de proche en proche, dès qu'il disparaît sous les terrains secondaires, est assurément la méthode la moins faillible. Il faut compter en profondeur avec toutes les dislocations qui accidentent les bassins de Normandie et avec le relèvement et l'interruption possibles des synclinaux. L'épaisseur des terrains secondaires à franchir, la difficulté de déterminer l'emplacement des sondages, etc., doivent également entrer en ligne de compte. En formulant ces réserves, mon dessein n'est point de décourager les velléités de recherches dans le domaine à explorer, mais d'inviter à la prudence ceux qui seront tentés de s'engager dans cette voie.

GÉOLOGIE. — *Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire.* Note de M. E. de Martonne, présentée par M. Michel Lévy.

On ne peut douter que le travail fourni par un glacier alpin ne soit considérable, puisqu'il est produit par la force nécessaire à l'élévation de sa masse à l'altitude moyenne du névé.

Nous avons montré précédemment (*Comptes rendus*, 27 décembre 1909) par des observations faites à l'extrémité de glaciers en voie de recul, que la part qui revient dans ce travail à l'usure du lit n'est pas nulle, même sous la langue terminale où elle est très faible, et que la répartition des traces d'érosion semble obéir à une loi indiquant un rapport entre les possibilités d'usure et la forme du lit. Si nous pouvons démontrer que cette loi répond aux conditions mécaniques du mouvement des glaciers, nous aurons trouvé le véritable principe de l'érosion glaciaire et déterminé les limites dans lesquelles elle peut agir comme facteur du modelé terrestre.

Le problème revient à peu près entièrement à déterminer la part du frottement contre le lit dans le travail fourni par le glacier et ses variations en fonction des inégalités du lit.

Dans le cas d'un solide *glissant* sous l'influence de la pesanteur, le frottement interne est nul ou très réduit par rapport au frottement externe qui est considérable. Il y a production de chaleur. Il peut y avoir des dislocations dans le cas de variations de vitesse trop brusques en rapport avec des variations de pente.

Un fluide parfait s'*écoulant* a un frottement interne considérable, le frottement externe est très réduit. La production de chaleur est en raison directe du frottement interne. Il n'y a pas lieu de parler de dislocations.

Nous savons qu'un glacier n'est ni un solide *glissant*, ni un fluide parfait s'*écoulant*, mais un *fluide visqueux*, comme les métaux soumis à des pressions très grandes et très prolongées, et que la plasticité de la glace a des limites, souvent dépassées, comme le prouvent les fentes superficielles et profondes. Il y a donc dans un glacier un frottement interne considérable; il y a production de chaleur, qui maintient toute la masse à une température voisine du point de fusion; il y a des dislocations; il y a enfin frottement contre le lit. On ne peut nier le frottement contre le lit; ce serait un paradoxe mécanique. D'autre part, on ne saurait admettre que ce frottement ait une valeur en rapport avec l'énormité des forces mises en jeu, car il est limité par le frottement interne, la production de chaleur et les dislocations. Il est donc prudent de se défier de toute théorie géologique qui accorde aux glaciers un pouvoir d'érosion considérable.

En réalité, l'usure du lit est probablement très lente, mais elle varie très notablement, comme le frottement qui en est le principe, suivant la forme du lit glaciaire lui-même.

Le frottement dépend de la vitesse (v) et de la pression de la glace, qui, assimilée à une pression hydrostatique, varie comme le cosinus de la pente superficielle ($\cos\alpha$), le périmètre du lit (P) et la profondeur (h). On doit aussi tenir compte de l'adhérence au lit (A) qui dépend des cassures et de

l'épaisseur de la moraine de fond

$$F = g\varphi \cos\alpha P h A.$$

Les observations faites sur les glaciers alpins permettent de fixer quelques limites de ces variables et de déterminer l'allure de la courbe exprimant par suite les variations du frottement.

On ne peut, comme on le fait pour les cours d'eau, négliger la pente superficielle, qui varie très notablement suivant les ruptures de pente du profil longitudinal du lit. Un grand nombre de profils établis d'après les Cartes suisses nous ont donné comme valeurs extrêmes moyennes de la pente superficielle 5 pour 100 et 50 pour 100.

A l'inverse des cours d'eau, la vitesse varie par contre très peu. Une statistique des observations faites sur les glaciers alpins nous a donné comme valeurs extrêmes moyennes 10^m et 80^m par an.

La vitesse varie en raison directe de la pente superficielle, sauf aux environs de la rimaye et à l'extrémité de la langue, où l'épaisseur diminue rapidement. En dehors de ces deux endroits, les variations de φ et $\cos\alpha$ sont de signe contraire; *les lieux d'érosion maximum ne peuvent donc coïncider avec les plus grandes pentes.*

Les variations de l'épaisseur ne nous sont pas encore bien connues. Nous savons cependant qu'elle diminue rapidement jusqu'à devenir nulle aux deux extrémités du glacier. Il en est de même du périmètre du lit. Nous sommes donc conduit à laisser hors de considération, comme des lieux de frottement minimum, la langue terminale et le haut névé. Or, dans ces limites, les variations de la vitesse sont encore réduites, sa valeur moyenne ne s'abaissant pas au-dessous de 40^m; il n'en est pas de même des variations de la pente superficielle. On doit en outre noter que l'augmentation de la vitesse se fait sentir en amont des ruptures de pente.

Une construction graphique très simple montrait que, dans ces conditions, *les lieux de frottement maximum doivent être en amont et en aval des ruptures de pente.*

La considération de l'adhérence ne saurait modifier cette conclusion. Si nous ne pouvons fixer exactement les limites de ses variations, nous savons qu'elle varie en raison inverse de la pente, tant à cause des cassures qu'à cause de la distribution probable de la moraine de fond, et que les deux extrémités du glacier (rimaye et langue terminale) se signalent par un manque d'adhérence très frappant.

Les variations du profil transversal du lit sont aussi importantes à considérer que celles du profil longitudinal. L'étude d'un certain nombre de grands glaciers, soit sur le terrain, soit à l'aide des Cartes suisses, nous a montré que les étranglements ont les mêmes effets que les gradins sur le mouvement du glacier : la pente superficielle diminue à l'amont, augmente à l'aval, les variations de la vitesse s'en déduisent. En appliquant la formule discutée, on trouve que le frottement atteint sa valeur maximum à l'amont et à l'aval des étranglements.

Pour avoir une idée exacte du mécanisme de l'usure du lit, il faut encore tenir compte, outre le frottement, de la décomposition des roches du lit glaciaire. Il a été démontré expérimentalement que la chaleur produite par le frottement détermine une fusion temporaire, suivie de regel sur le fond du glacier, et que les variations de tem-

pérature qui en résultent pour les roches en contact avec la glace déterminent une désagrégation mécanique. Or, la production de chaleur varie comme le frottement interne, qui est, de même que le frottement externe, fonction des inégalités du lit.

En résumé, les lois de l'érosion glaciaire peuvent être ainsi formulées : 1° *au delà d'une certaine pente, l'érosion diminue quand la pente augmente;* 2° *les lieux d'érosion maximum sont à l'amont et à l'aval des gradins et des étranglements;* 3° *les parties supérieures du névé et l'extrémité de la langue sont des lieux d'érosion à peu près nulle.*

On pourrait donner des deux premières lois une expression plus simple en disant : *L'érosion est proportionnelle au retard apporté à la progression du glacier par les inégalités du lit.*

Pour appliquer ces principes aux glaciers alpins, on doit s'imaginer des vallées modelées par les eaux courantes avec un profil longitudinal irrégulier et un profil transversal assez variable. Devenue le lit d'un glacier, une pareille vallée subira forcément une transformation, qui aboutira à l'élaboration de bassins avec contre-pente de part et d'autre des étranglements et des brisures du profil longitudinal. On peut tirer de ces considérations une explication logique de la genèse de toutes les formes caractéristiques des vallées glaciaires alpines.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier* 1910. Note de M. **Alfred Angot.**

Les observations magnétiques organisées en 1901 au Val-Joyeux et qui continuent celles du Parc Saint-Maur, ont été faites en 1909 par M. J. Itié avec les mêmes appareils et réduites d'après les mêmes méthodes que celles des années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1910 résultent de la moyenne des valeurs horaires relevées au magnétographe le 31 décembre et le 1er janvier et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1909 [1].

Il faut remonter jusqu'en 1883 pour trouver une variation aussi rapide de la déclinaison, et dans toute la série on ne rencontre aucun groupe de deux années consécutives qui donne une variation totale aussi grande que les années 1908 et 1909 (13′,65).

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 250.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux.

	Valeurs absolues pour l'époque 1910,0.	Variations séculaires.
Déclinaison (occidentale)	14°29′,25	—7′,06
Inclinaison	64°43′,7	—0′,1
Composante horizontale	0,19728	—0,00005
» verticale	0,41788	—0,00015
» nord	0,19101	+0,00006
» ouest	0,04935	—0,00041
Force totale	0,46211	—0,00016

La station du Val-Joyeux est située à Villepreux (Seine-et-Oise), par 0°19′25″ de longitude ouest et 48°49′16″ de latitude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'intensité de la pesanteur et ses anomalies à Bordeaux et dans la région.* Note de M. E. Esclangon.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un résumé des observations faites sur l'intensité de la pesanteur dans la Gironde, au cours de l'été 1909.

Quelques observations anciennes avaient fait soupçonner dans la région de Bordeaux des anomalies importantes et singulières. M. Picart, directeur de l'Observatoire de Bordeaux, après avoir consulté M. le colonel Bourgeois, directeur du Service géodésique de l'Armée, ayant décidé, d'accord avec lui, de faire procéder à de nouvelles recherches par les soins de l'Observatoire, voulut bien me confier la direction de ces nouvelles déterminations qui devaient comprendre le plus grand nombre possible de stations convenablement réparties dans le département de la Gironde. Il m'adjoignit, pour me seconder dans cette besogne, pénible et délicate, M. Stapfer, assistant à l'Observatoire de Bordeaux.

Les expériences, commencées en juillet dernier, ont été poursuivies jusqu'à fin novembre, époque à laquelle le mauvais temps ne permettait plus que de rares observations méridiennes; nous avons dû les interrompre définitivement.

Les instruments et appareils d'observation ont été mis obligeamment à notre disposition par le Service géodésique de l'Armée. Les méthodes employées sont celles adoptées dans ce Service, d'après les indications du général Defforges, avec un pendule symétrique à deux couteaux, réversible et inversable.

Toutes les intensités observées sont des intensités relatives par rapport à l'intensité

absolue mesurée à Paris [1]. Toutefois la station de Floirac-Observatoire nous a servi de poste de comparaison intermédiaire, en sorte qu'on peut diviser en deux séries l'ensemble des observations :

1° Celles qui ont concouru à la détermination aussi précise que possible de l'intensité à l'Observatoire de Floirac devenant secondairement poste fondamental de comparaison ; 2° celles qui ont concouru à la détermination de l'intensité en chaque station par rapport à celle obtenue à Floirac. Cette dernière a été déduite de 24 séries d'expériences faites à l'Observatoire de Floirac, et 16 faites à l'Observatoire de Paris, poste principal de comparaison.

La détermination de l'heure, et par suite de la durée de chaque expérience, a été faite avec le plus grand soin : d'une part, par des observations méridiennes continues; ensuite par la comparaison aussi précise que possible de l'horloge des coïncidences avec l'horloge méridienne, au commencement et à la fin de chaque expérience. La durée d'une expérience se trouve ainsi déterminée à $\frac{2}{100}$ de seconde près.

Dans les stations éloignées de l'Observatoire, la comparaison entre l'horloge des coïncidences et l'horloge méridienne de l'Observatoire était faite par téléphone au commencement et à la fin de chaque expérience. Les difficultés que présentait cette manière d'opérer ont été vaincues aisément grâce à l'extrême obligeance de l'Administration des Postes qui nous a donné toutes facilités à cet égard.

Dans chaque station le pendule reposait, par l'intermédiaire de son support, sur un fort pilier en béton établi d'avance sur une fondation profonde. Le pendule oscillait dans une cloche, sous un vide uniforme de 11^{mm} de mercure. Le local choisi était généralement une cave, par conséquent à température peu variable.

A Floirac l'intensité observé a été trouvée égale à $g = 9,80633$, en adoptant pour e g de Paris-Observatoire la valeur $g = 9,81000$.

Voici le Tableau des résultats obtenus dans les diverses stations :

Lieux d'observation.	Dates (1909) moyennes des époques d'observation.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g réduit à 0^m d'altitude.	g calculé.	Obs. — Calc.
		° ′	m				
Paris.....	19-21 nov.	48.50.2	61	9,81000	9,81012	»	0,00000
Floirac.. .	24 juill., 22 sept., 4 nov.	44.50,1	71	9,80633	9,80650	9,80650	0,00000
Créon.....	2 sept.	44.46,6	102	8,80624	9,80645	9,80645	0,00000
Arcachon..	15 sept.	44.39,6	24	9,80615	9,80620	9,89634	—0,00014
Langon....	25 août	44.32,7	25	9,80597	9,80602	9,80624	—0,00022
Coutras...	13 août	45. 2,5	13	9,80637	9,80640	9,80669	—0,00029
Cavignac..	6 août	45. 6,7	42	9,80635	9,80644	9,80675	—0,00031

[1] On sait que si τ et τ' sont les durées d'oscillations théoriques d'un même pendule en des lieux A et A', on a entre les intensités correspondantes la relation

$$\frac{\tau^2}{\tau'^2} = \frac{g'}{g}.$$

La réduction à 0^m d'altitude a été faite d'après la formule de Bouguer, la densité des couches superficielles étant prise égal à 2,4. L'intensité normale est calculée d'après la formule de Helmert

$$g_{\varphi'} = g_{\varphi} + 0,02597\,(\cos 2\varphi - \cos 2\varphi').$$

Comparativement à Paris la pesanteur est donc *normale* aux stations de *Floirac* et *Créon* qui sont les stations de *plus haute altitude* et appartiennent à la région des plateaux assez élevés comprise entre la Gironde et la Dordogne, région appelée l'*Entre-Deux-Mers*, et dans laquelle la gravité est la plus grande. Partout ailleurs *où l'altitude est beaucoup plus faible* la pesanteur est en *défaut*, l'anomalie étant la plus grande dans la région située au nord-ouest de Bordeaux, sur les rives droites de la Gironde et de la Dordogne, et paraissant se combler légèrement, au contraire, vers l'Ouest lorsqu'on se rapproche de l'Océan, tout en restant encore en défaut.

Mais la valeur de g observée à Paris est déjà anormale par défaut si on la compare à celle de Greenwich et plus généralement aux valeurs remarquablement concordantes observées au voisinage de la mer du Nord.

En partant de ces valeurs regardées comme fondamentales on obtient ainsi :

Lieux d'observations.	g observé réduit à 0^m d'altitude.	g calculé.	Obs. — Calc.
Paris	9,81012	9,81031	—0,00019
Floirac	9,80650	9,80669	—0,00019
Créon	9,80645	9,80664	—0,00019
Arcachon	9,80620	9,80653	—0,00033
Langon	9,80602	9,80643	—0,00041
Coutras	9,80640	9,80688	—0,00048
Cavignac	9,80644	9,80694	—0,00050

Ce Tableau montre que la région de Bordeaux est le siège d'une anomalie d'ensemble par défaut, malgré le voisinage de l'Océan. Des expériences anciennes de Biot et Mathieu faites en 1808, d'autres plus récentes de M. Collet avaient déjà révélé cette anomalie. Toutefois l'accord n'est pas parfait entre ces diverses observations. Les observations de Biot et Mathieu limitées à Bordeaux avaient donné $g = 9,80607$ (réduit à 0^m d'altitude), celles de M. Collet faites en 1895 à l'Observatoire de Bordeaux [1] donnent au niveau de la mer $g = 9,80628$; enfin nos propres observations donnent $g = 9,80650$; de sorte que d'après nos observations le défaut de

[1] *Comptes rendus*, 1896, 1er semestre, p. 1265.

gravité serait beaucoup moins considérable que celui qu'on déduit des observations antérieures.

Près d'Arcachon la discordance est beaucoup plus grande et mérite une attention particulière. A Arcachon même, observant dans les caves du Casino de la Forêt, mises gracieusement à notre disposition par la municipalité de cette ville, nos observations donnent pour g réduit à 0^m d'altitude $g = 9,80620$; quantité toujours *en défaut* de 33 unités du cinquième ordre. Au cap Féret, à 8^{km} d'Arcachon, M. Collet [1] avait obtenu $g = 9,80693$, soit un *excès* sur la valeur normale $g = 9,80650$ de 43 unités du cinquième ordre. La faible distance de ces deux stations permet difficilement d'expliquer la différence observée de 76 unités du cinquième ordre.

En résumé nos observations accusent un *défaut général de la gravité dans la région de Bordeaux*. Par rapport à la normale, la pesanteur paraît la plus grande, non au voisinage immédiat de l'Océan, mais sur les plateaux élevés de l'Entre-Deux-Mers, la plus faible dans la région située au nord-ouest de Bordeaux, aux environs de Cavignac et Coutras. Il serait du plus haut intérêt de faire de nouvelles observations en vue : 1° de délimiter au Nord-Ouest l'anomalie maximum qui se présente dans cette direction; 2° de trancher définitivement la question de savoir si, sur les côtes de la Gascogne, la pesanteur est franchement en défaut, ou réellement en excès et apprécier, de cette manière, l'influence rélévatrice du voisinage immédiat de l'Océan, qui semblerait assez faible d'après nos observations.

HYDROLOGIE. — *Sur la minéralisation et l'analyse chimique de l'eau de puits artésien de Maisons-Laffitte.* Note de M. **E. Péroux**, présentée par M. Armand Gautier.

I. L'eau. — L'eau de ce puits jaillit à une température de 26°,5 ; elle est limpide après repos; sa saveur est douce, légèrement alcaline. Du griffon se dégage une odeur fade, d'origine sulfureuse ; mais les réactifs les plus sensibles n'ont pas donné trace de H^2S, soit dans les gaz, soit dans l'eau.

Les analyses ayant porté sur six mois depuis le jaillissement, le pour cent des éléments en a été un peu variable, principalement en fer, mais dans des limites étroites, dont la moyenne est représentée par le résultat indiqué au

---

[1] *Comptes rendus*, 1896, 1er semestre, p. 1267.

Tableau suivant :

Analyse chimique.

Extrait sec à 180°	164,40 mg
AzH^3	0,76 mg
SiO^2	12,50
Al^2O^3	2,20
Fe^2O^3	2,28
CaO	36,15
MgO	11,64
KO	6,30
NaO	22,22
SO^3	7,76
CO^2 combiné	41,17
AzO^5	0,53
HCl	8,03
Chlorures exprimés en NaCl	12,87
	151,54
Matières organiques en oxygène du permanganate. En milieu acide	0,8
Matières organiques en oxygène du permanganate. En milieu alcalin	0,7
Degré hydrotimétrique total	10°
» permanent	6°
Alcalinité en $CaOCO^2$	130 mg
Oxygène dissous	3 mg
Gaz pour 1000 cm³ : Oxygène	2 cm³,5
» CO^2	7 cm³
» Azote et Argon ?	18 cm³
Radioactivité sur 10 l en milligrammes par minute (électroscope de MM. Chéneveau et Laborde)	0 mg,0377
Bactériologie : Gélatine nutritive peptonisée; 28 jours de culture.	De 5 à 17 colonies semblables; microcoques très mobiles.

Matières en suspension par litre.

30 avril	1,2112	10 novembre	0,1090
19 mai	0,4866	26 novembre	0,0292
2 septembre	0,2567	15 décembre	0,0155

Les parties en suspension dans l'eau ont été traitées par HCl à chaud. Elles ont donné 89,18 pour 100 insoluble dans HCl (sables, silice, silicates)

et 10,82 pour 100 d'éléments solubles, en grande partie des carbonates, dans lesquels Fe entre pour 36,4 pour 100 et les oxydes alcalins et alcalino-terreux pour 63,6 pour 100.

Gaz. — Recueillis sur le mercure au moyen du vide et de l'ébullition après élimination de CO^2 et de O; le vide a été fait sur le gaz restant à la pression de 2^{mm} en tube de Plucker à partie capillaire et soumis au spectroscope. Résultat : spectre de l'azote et deux raies qui correspondent aux $\lambda\lambda$ 434,85 et 425,95 de l'argon (?), mais moins intenses que dans le tube d'argon employé pour le contrôle. Ne disposant que d'un prisme à faible dispersion dans le rouge, je ne puis que signaler le fait, d'autant plus que le spectre de l'azote dominait. Je continuerai cette étude.

La présence des oxydes alcalins dans les proportions résultant de l'analyse m'a incité à en rechercher l'origine. L'examen détaillé de la Carte géologique fait ressortir que tous les affleurements argileux de l'Albien, silicates feldspathiques et sables verts reconverts en partie par une terrasse argilo-sableuse (P), constituent le sol forestier de la région formant le bassin hydrologique de ces eaux. Les sables dans lesquels elles circulent n'offrent que la glauconie, silicate de fer complexe dans lequel KO entre dans la proportion de 7,97 pour 100 (Pisani). Mais d'une part l'argile du Gault m'a donné à l'analyse 0,787 pour 100 en KO et 2,81 pour 100 en NaO. De l'autre, les matières extractives de l'eau ont donné 3,75 pour 100 en KO et 13,24 pour 100 en NaO.

Or, chose digne de remarque, le rapport $\frac{NaO}{KO}$ est exactement le même dans l'argile et dans l'eau, 3,5. Il est admissible de voir là l'origine de ces métaux alcalins dont la mise en liberté, en même temps que celle du fer (2,23 pour 100) peut n'être due qu'à la désagrégation des roches par voie organique (acide carbonique compris). La disproportion du chlore et de la soude (8 HCl, 22 NaO) viendrait confirmer cette hypothèse. Quant à la faible quantité de AzH^3, je rappelle que les eaux de pluie peuvent en contenir jusqu'à 3^{mg} et 4^{mg} par litre; en second lieu, qu'un azotate dans un liquide alcalin au milieu duquel se forme de l'hydrogène naissant, se transforme en AzH^3. Ni les uns, ni les autres ne font défaut, et les eaux de pluie qui, après avoir imprégné le sol superficiel, doivent pénétrer dans les sables, chargées de nitrates, n'en présentent presque plus à leur émergence. De l'acide azotique et de l'ammoniaque, il ne subsiste plus que de l'azote en proportion assez élevée, 18^{cm^3} par litre.

Il est donc vraisemblable de supposer que ces eaux d'origine *directement* météorique ne doivent leur minéralisation qu'à la désagrégation des argiles du Gault. Ainsi s'expliquerait leur faible minéralisation, leur richesse relative en carbonates et leur pureté bactériologique.

La radioactivité du gaz de l'eau a augmenté après 24 heures. De deux expériences exécutées à 3 mois d'intervalle, la seconde a donné un résultat plus faible que la première. Les sables ont été négatifs.

Bactériologie. — Prélèvement en tubes scellés et ensemencement sur gélatine nutritive peptonisée en boîtes de Petri et fioles de Gayon. Colonies punctiformes et rares, développement lent. Après 22 jours, les plus larges mesuraient de 3^{mm} à 4^{mm} de

diamètre. Coloration blanc crème ou rosé. Microcoques très mobiles à l'ultramicroscope.

Conclusion. — Légèrement alcaline, cette eau est donc d'une rare pureté.

II. Examen sommaire du sable vert. — Densité apparente, 1,52. Densité réelle, 2,32. Porté au rouge faible après dessiccation, il devient jaune rouge et perd 1,73 pour 100 de son poids. Traité par HCl, il abandonne 1,01 pour 100 de minéraux solubles, dans lesquels le fer entre pour 33,6 pour 100. Le sable vert lavé laisse de la silice transparente, incolore, rose et jaune, en petits grains arrondis (0,0003 à 4), de mica, de petites masses amorphes blanches ou jaunes. L'eau de lévigation donne des sels de fer au minimum; très lentement se forme un dépôt très ténu de consistance argileuse, composé de grains, verts de glauconie, noirs très petits et d'oxyde de fer magnétique. Ce dépôt lavé donne encore une solution louche qui, évaporée à siccité, laisse un extrait vert qui devient rapidement rouge, soluble dans SO^4H étendu (oxyde et bicarbonate ferreux). Le dépôt resté sur le filtre n'est qu'en partie attaqué par l'eau régale (silicates?).

Ambre fossile ou succin trouvé dans les sables. — Couleur jaune ambre foncé, avec interstices résineux. Très friable. Chauffé, émet les vapeurs odorantes du benjoin d'abord et de la résine ensuite. Se dissout dans le xylène à chaud, après refroidissement donne un précipité blanc. Dans l'essence de térébenthine se dissout entièrement et dégage une odeur de camphre prononcée.

HYDROLOGIE. — *Nouvelles déterminations de la radioactivité des eaux thermales de Plombières.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans un travail publié précédemment [1] nous avons donné un certain nombre de résultats relatifs à la mesure de la radioactivité de quelques gaz et eaux provenant des sources de Plombières. Ces déterminations avaient été faites sur place en 1907; depuis nous avons eu l'occasion d'achever l'étude de cette question. Pour ces nouvelles recherches, nous avons utilisé le mode opératoire que nous avons décrit il y a deux ans. En ce qui concerne les eaux, la méthode consiste à agiter l'échantillon (555^{cm^3}) avec un égal

[1] André Brochet, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 675.

volume d'air, puis à traiter l'air, ainsi radioactivé, comme un gaz dans l'appareil Chéneveau-Laborde ([1]).

Nos résultats sont réunis dans le Tableau ci-contre, pour lequel nous avons conservé la classification de Jutier et Lefort ([2]); il donne pour chaque source :

1° L'altitude du griffon;

2° Le débit par 24 heures;

3° Une série de déterminations de température au griffon : maxima, minima et moyenne des observations faites en 1859-1861 par Jutier et Lefort; déterminations faites en septembre 1908 et août 1909;

4° La radioactivité des gaz spontanés en milligrammes-minutes pour 10 litres d'eau;

5° La radioactivité de l'eau en milligrammes-minutes pour 10 litres;

6° La radioactivité totale par 24 heures, obtenue en multipliant la radioactivité par le débit de la source.

Les mesures de température nous conduisent aux remarques suivantes :

La température des sources très chaudes n'a sensiblement pas varié depuis 50 ans; celle des sources chaudes s'est sensiblement élevée. La différence est considérable en ce qui concerne les sources 7 et 8 de la *Galerie du thalweg*. Ces deux sources placées au fond de la galerie ont été découvertes lors des travaux exécutés en 1859-1861. Leur température, assez basse dès le début, s'éleva d'une façon constante pendant les deux années d'observation. L'équilibre thermique n'étant pas atteint à la fin de cette époque, la température a continué à s'élever depuis. Les sources 4 et 5 de la *Galerie des Saconneuses* présentent une augmentation analogue.

Des mesures de radioactivité nous tirons les conclusions suivantes :

1° Les eaux thermales de Plombières sont fortement radioactives;

2° Leur radioactivité est due à l'émanation du radium;

3° La *radioactivité totale* de l'ensemble des 22 sources thermales que nous avons examinées est de 74620 milligrammes-minutes pour un débit moyen de 67 244$^{m^3}$ d'eau par 24 heures (soit approximativement, pour l'ensemble des sources thermales qui débitent en moyenne 730$^{m^3}$ par jour, 80 à 85 grammes-minutes).

4° D'après ces chiffres, la *radioactivité moyenne* peut être représentée par

---

([1]) Par suite d'une erreur dans l'étalonnage de l'appareil, les chiffres de notre première Note doivent être multipliés par 0,79, ils sont rectifiés dans le présent Tableau.

([2]) Jutier et Lefort, *Annales de la Société d'Hydrologie médicale de Paris*. t. VII, 1862.

	Altitude.	Débit par 24h.	Température. 1859-1861. Max.	Min.	Moy.	9.08.	8.09.	Résidu sec par litre.	Radioactivité en milligrammes-min. pour 10l. Gaz	Eau.	pour 24h.
		m³						g			
Sources très chaudes.											
Robinet romain	424,00	30,37	70,4	67,2	69,53	69,4	68,7	0,00000	00,0	1,01	3060
Vauquelin	423,12	9,71	70,0	68,4	69,35	67,9	68,5	0,39252	11,8	0,66	640
Sources chaudes.											
Galerie du thalweg, n° 1.	420,80	67,20	55,3	52,6	53,91	58,1	56,1	0,25907		1,13	7600
» n° 2.	»	28,99	57,2	54,0	55,81	58,0	58,0	.....		0,92	2580
» n° 3.	»	57,43	59,6	58,0	59,10	60,9	61,3	.....	10.8	1,01	5800
» n° 4.	»	13,49	60,1	58,4	59,23	62,8	63,2	.....		0,88	1220
» n° 5.	»	153,14	66,4	63,6	65,21	66,3	66,5	0,33048		1,01	15500
» n° 6.	»	26,67	52,1	47,7	50,51	55,0	54,0	.....		0,91	2420
» n° 7.	»	24,77	56,0	50,6	52,55	67,9	68,2	.....		0,25	620
» n° 8.	»	14,67	....	....	40,80	64,6	64,2	.....		0,20	290
Filets divers	»	8,32	....	....	47,65	....	....	.....			
Mougeot	421,30	6,70	60,1	53,5	58,50	55,9	....	.....			
Capucins	420,88	63,17	52,4	49,8	51,00	....	....	0,23250		1,60	10100
Dames	427,54	29,65	52,0	50,8	51,40	53,2	52,3	0,28718		1,47	4280
Crucifix	416,47	7,68	45,1	41,0	43,21	46,6	46,5	0,34050		1,01	775
Sources tempérées.											
Savonneuse, n° 2	425,57	14,92	31,1	29,6	29,91	27,9	27,6	0,13210	4,8	1,02	1490
» n° 3	425,77	11,85	23,6	21,8	22,38	27,1	26,1	0,08120		1,46	1730
» n° 4	425,83	3,64	27,8	26,1	27,13	38,1	37,9	.....		0,37	135
» n° 5	425,90	8,57	41,1	39,5	40,46	48,5	48,4	0,18654		0,35	300
» n° 5 *a*	.....	.....	....	....	.....	49,2	49,3	.....			
Puisard	420,70	24,08	39,0	32,3	34,70	....	....	.....			
Lambinet	433,25	24,31	26,5	26,2	26,36	26,3	26,8	0,10091		2,18	5300
Trottoir	432,00	14,27	26,1	24,8	25,50	....	....	.....			
Fournie	426,26	4,62	38,6	35,8	35,27	....	....	.....			
Muller	436,80	7,20	....	....	28,00	24,5	....	.....		0,41	300
Simon	.....	.....	....	....	.....	....	....	.....			
Sources très tempérées.											
Savonneuse, n° 1	425,53	11,87	19,6	14,6	15,6	21,6	21,6	.....		0,59	700
Bizot A	422,60	52,43	12,8	8,7	11,44	....	13,1	0,02730		1,57	8250
» B	»	10,71	13,0	9,4	11,49	....	13,3			1,42	1520

une teneur de 1,11 milligramme-minute d'émanation pour 10 litres d'eau. La *source Lambinet* étant la plus radioactive (2,18).

5° Il est possible de se rendre compte, *hypothétiquement*, de la quantité de bromure de radium qu'il faudrait mettre en jeu pour radioactiver la totalité des eaux. En ce qui concerne Plombières, dont le débit aqueux est de 507^{l} par minute, si $1^{mg},11$ de bromure de radium produit en 1 minute la quantité d'émanation nécessaire pour radioactiver 10^{l} d'eau, il faudra approximativement, pour la totalité, de 55^{mg} à 60^{mg} de bromure de radium. On se rend aisément compte combien cette quantité est minime, d'autant plus que Plombières, qui se fait remarquer par l'abondance de ses eaux, est probablement la station française dont la radioactivité moyenne est la plus élevée. Nous proposons, d'une façon générale, de considérer cette quantité de bromure de radium comme la *puissance radioactive* de la station.

La *radioactivité moyenne* et la *puissance radioactive* sont les deux valeurs caractéristiques de la radioactivité d'une station. Elles seraient intéressantes à déterminer d'une façon générale. Pour les sources riches en gaz, il faudra naturellement faire intervenir, dans le calcul, la radioactivité et le débit gazeux.

La séance est levée à 4 heures et demie.

PH. V. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JANVIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRICITÉ. — *La cohésion diélectrique du néon.* Note de M. **E. Bouty**.

J'ai prouvé antérieurement que les gaz monoatomiques : hélium, argon, vapeur de mercure, possèdent des cohésions diélectriques beaucoup plus faibles que n'en présentent, à poids moléculaire comparable, les gaz polyatomiques. De simples traces d'impuretés augmentent, dans une proportion considérable, la cohésion diélectrique de ces gaz.

M. Claude a bien voulu mettre à ma disposition environ 3^l d'un mélange gazeux particulièrement riche en néon, mais contenant aussi de l'hélium et, dans l'état où il m'est parvenu, encore un peu d'air. J'ai soumis ce gaz à deux distillations fractionnées en présence de charbon de noix de coco refroidi dans l'air liquide. Les premières éprouvettes doivent être riches en hélium, les dernières souillées d'air. Le néon, à peu près pur, doit se retrouver dans les éprouvettes moyennes, qui donnent en effet un très beau spectre de ce gaz.

Le poids moléculaire du néon se trouvant compris entre ceux de l'hélium et de l'argon, je devais m'attendre à ce que sa cohésion fût aussi intermédiaire à celles de ces deux gaz. Il se trouve au contraire qu'elle est très inférieure à celle de l'hélium. Le néon est donc actuellement, de tous les gaz expérimentés, celui qui possède la plus faible cohésion diélectrique. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus.

A, B, C sont les trois parts du gaz provenant de la première distillation; *a*, *b*, *c* ont le même sens pour le deuxième fractionnement.

Gaz.			Cohésion diélectrique.	
Hélium			18,3	
Air			435	
Mélange primitif			39,7	
A.	A*a*		17,5	
	A*b*		11,0	
B.	B*a*.	Éprouvette 1	7,6	Moyenne 7,6
		Éprouvette 2	8,2	
		Éprouvette 3	7,0	
	B*b*.	Éprouvette 1	12,0	
		Éprouvette 2	15,0	

Il y a donc un minimum très net, 7,6 en moyenne, pour les éprouvettes B*a*. Cette valeur doit peu différer de la cohésion diélectrique du néon dont elle fixe au moins un maximum. Il n'est que les $\frac{5}{12}$ de la cohésion diélectrique de l'hélium, ou le $\frac{1}{57}$ de celle de l'air. Ainsi une couche de néon de 57^{cm} d'épaisseur équivaut à une couche d'air de 1^{cm} au plus, au point de vue de l'obstacle opposé à la décharge.

Quand on fait le vide sur du néon pur, le gaz, dès la pression atmosphérique, s'illumine d'une couleur de feu. On voit un anneau lumineux suivre le mouvement du mercure dans la pompe, et, à chaque bulle d'air qui rentre, c'est un vrai feu d'artifice. Il suffit même de transvaser du néon d'une éprouvette dans une autre pour apercevoir, dans l'obscurité, des lueurs distinctes. La différence de potentiel créée par le frottement du mercure sur le verre est suffisante pour provoquer des décharges dans le gaz.

Il y a lieu de remarquer que, dans le dernier Tableau des poids atomiques de Mendéléeff [1], le néon n'est pas considéré comme appartenant au même groupe que l'hélium, l'argon, le crypton et le xénon. Il forme à lui seul une classe dont on ne connaît pas d'autre terme.

PALÉONTOLOGIE. — *Un nouvel exemple de phénomènes de* convergence *chez des Ammonitidés; sur les origines du groupe de l'*Ammonites bicurvatus *Mich.* (*sous-genre* Saynella *Kil.*). Note de M. **W. Kilian.**

Une espèce d'Ammonites assez répandue dans les dépôts de l'Aptien supérieur de l'Europe septentrionale, l'*Ammonites bicurvatus* Mich. dont M. Ch. Sarasin a fait connaître, il y a quelques années, les caractères et les

[1] Sv. Arrhenius, *Theorien der Chemie*, Leipzig, 1909, p. 104.

détails de la ligne suturale, a été placée tour à tour dans les genres *Desmoceras*, *Cleoniceras* et *Sonneratia*. L'étude attentive des Ammonitidés du Crétacé inférieur, d'après d'abondants matériaux recueillis dans des fouilles récentes effectuées dans le Barrémien de Comps (Var) avec le concours de M. Paul Reboul, m'a permis, entre autres résultats intéressants, de reconstituer l'origine probable de cette espèce.

J'ai pu établir, en remontant la série des étages, une *série phylogénétique* très nette, allant de l'Hauterivien à l'Albien et rattachant le sous-genre *Leopoldia* et plus spécialement *Leop. castellanensis* d'Orb. sp., au groupe de l'*Am. bicurvatus* Mich.

Cet ensemble de formes, auquel je propose de donner le nom de *Saynella* et qui contitue un sous-genre bien caractérisé par la forme tranchante de sa région siphonale, par ses côtes falculiformes et par sa ligne suturale (à lobe siphonal peu profond, premier lobe latéral très large et très dissymétrique et selles peu ramifiées), comprend les espèces suivantes :

1. *Saynella clypeiformis* d'Orb. sp., de l'Hauterivien de Valdrôme (Drôme) et de *Saint-Martin* près Escragnolles (Alpes-Maritimes). Grande espèce à peu près lisse, rappelant fortement les *Leopoldia* par sa forme et par sa ligne cloisonnaire (notamment par la largeur et la dissymétrie accentuée du premier lobe latéral).

2. *Saynella Sueurii* Pict. et C. [*Am. Leion* Pict. et C. (non d'Orb.)]. Cette espèce, dont l'Université de Grenoble possède des exemplaires pourvus de leur ligne suturale, se rencontre dans l'Hauterivien de Sainte-Croix (Suisse), de Trigance (Var) et de Valdrôme (Drôme). La ligne cloisonnaire se rapproche de celle de l'espèce précédente.

3. *Saynella* nov. sp. Espèce voisine de la précédente, mais à côtes plus espacées; de l'Hauterivien des Basses-Alpes.

4. *Saynella Grossouvrei* Nickl. sp. (= *Cleoniceras Suessi* Simionescu). Cette forme, dont M. Nicklès a étudié les tours internes et les cloisons, a été décrite dans sa forme adulte sous le nom de *Cleon. Suessi* par M. Simionescu. Elle est commune dans le Barrémien de Comps (Var); on la connaît aussi du Barrémien de Roumanie et du sud-est de l'Espagne.

5. *Saynella Fabrei* Torcapel sp. Espèce à tours moins embrassants que la précédente et à côtes plus fines. Barrémien inférieur des environs d'Euget (Gard), de Combe-Petite (Montagne-de-Lure), de Cobonne (Drôme), etc.

6. *Saynella Davydovi* Karakasch sp. [1]. Forme figurée par M. Karakasch du Barrémien de Sably (Crimée) et très voisine de *S. Grossouvrei* Nicklès.

7. *Saynella Nicklesi* Karakasch sp. (sub *Pulchellia*). Barrémien de Sably (Crimée) et de Comps (Var). L'examen d'un grand nombre d'échantillons de cette espèce, qu'il serait désirable d'étudier plus complètement que ne l'a fait M. Karakasch (qui l'a attribuée par erreur au genre *Pulchellia*), nous a révélé l'existence d'un *dimorphisme*

---

[1] N. Karakasch, *Le Crétacé inférieur de la Crimée et sa faune*. Saint-Pétersbourg, 1907. *Pl. II, fig.* 12.

intéressant. Sur un certain nombre d'individus de petite taille, les côtes passent en effet sur la région siphonale en y décrivant un bourrelet en chevron ogival accentué; d'autres, atteignant une plus grande taille, offrent une région siphonale arrondie devenant moins tranchante dans le dernier tour, les autres caractères restant les mêmes.

8. *Saynella* nov. sp. de l'Aptien inférieur (Bedoulien) de l'Homme d'Armes, près Montélimar (Drôme).

9. Enfin *Sayn. bicurvata* Mich. sp., *S. Heimi* Sar. sp., *S. undulata* Sar. sp., *S. raresulcata* Leym. sp., de l'Aptien supérieur, dont M. Sarasin a fait connaître la ligne cloisonnaire et qui semblent localisées dans le nord de l'Europe.

La série qui vient d'être étudiée constitue, à côté des faits analogues signalés par M. Ch. Jacob [1] pour les Ammonites du Crétacé moyen et par moi-même [2] pour les *Kossmaticeras* du Néocrétacé des régions antarctiques, un nouvel et remarquable exemple de phénomènes de *convergence* qui se montrent dans les Ammonitidés et se manifestent par le retour périodique, dans des familles d'origines différentes, des mêmes types d'ornementation, de forme générale et de lignes suturales. Elle nous montre avec évidence l'acquisition progressive, chez des formes dérivant nettement des Hoplitidés (*Leopoldia*), de caractères attribués jusqu'ici aux Desmocératidés (allure clypéiforme, asymétrie profonde *du premier* lobe latéral, forme générale de la coquille, côtes falculiformes passant sur une crête siphonale) jusqu'à la réalisation d'une analogie telle que la plupart des espèces en question ont été par divers auteurs rattachées au genre *Desmoceras*.

Nous voyons en outre, dans cette même série phylogénétique des *Saynella*, la ligne cloisonnaire prendre tour à tour le type de celle des *Carlopoceras* (Hyatt) du Crétacé supérieur (dans *S. clypeiformis* d'Orb.) et celui des *Sonneratia* (Bayle) dans *Sayn. bicurvata* Mich. sp. dont les cloisons arrivent à avoir un tracé très analogue à celles de *Sonneratia Dutempleana* d'Orb. sp. et de *Sonn. Cleon* [3] d'Orb. sp., formes dont M. Ch. Jacob a cependant récemment démontré [4] l'origine distincte en les faisant dériver de *Parahoplites Puzoscanus* d'Orb. sp.

---

(1) Ch. Jacob, *Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés*, etc. (*Thèse de l'Univ. de Paris* et *Trav. du Labor. de Géol. Univ. de Grenoble* 1907). — Id., *Étude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen* (*Mém. Soc. géol. de France : Paléont.*, t. XV, 1907).

(2) W. Kilian et P. Reboul, *Les Céphalopodes néocrétacés des îles Seymour et Snow-Hill*. Stockholm, 1909.

(3) Voir les figures données par MM. Sarasin et Jacob.

(4) *Loc. cit.* (*Mém. Soc. géol. de France : Paléont.*, t. XV, n° 38, p. 57).

De semblables convergences ne peuvent s'expliquer, comme a tenté de le faire récemment le professeur Steinmann, par des « persistances de race » (*Rassenpersistenz*). Ces analogies trompeuses ont conduit à réunir, sous le nom de Desmocératidés, en un groupe essentiellement polyphylétique, au moins *trois séries* de formes barrémiennes d'origines très différentes. Je pense qu'il convient d'attacher désormais, dans la recherche des lois de l'évolution paléontologique des animaux, une plus grande importance à ces *phénomènes de convergence* dont le rôle a peut-être été trop négligé jusqu'à présent dans les études de phylogénie et a conduit fréquemment à établir prématurément des filiations erronées.

PLIS CACHETÉS.

M. **Pierre Rosenthal** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 27 décembre 1909 et inscrit sous le n° 7573.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *De l'emploi de la lumière bleue artificielle pour le blanchiment des dents.*

(Renvoi à l'examen de MM. A. Gautier et Laveran.)

CORRESPONDANCE.

M. **Hubert Latham** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Atlas photographique de la Lune*, publié par l'Observatoire de Paris, exécuté par M. Lœwy et P. Puiseux (11e fascicule).

2° *Exploration archéologique de Délos faite par l'École française d'Athènes.* Introduction. Carte de l'Ile de Délos au $\frac{1}{10000}$ avec un commentaire explicatif, par André Bellot. (Présenté par M. H. Poincaré.)

3° *Radiumthérapie*, par le Dr Louis Wickham et le Dr Degrais. Préface de M. le Professeur Fournier. (Présenté par M. Labbé.)

4° *Gaston Darboux : Biographie, Bibliographie analytique des écrits*, par M. Ernest Lebon. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la répartition des raies ultimes dans les spectres stellaires.* Note de M. A. DE GRAMONT, présentée par M. H. Deslandres.

Ayant examiné récemment (*Comptes rendus*, 3 janvier 1910) le rôle des raies ultimes dans le spectre du Soleil, je me suis proposé de rechercher ici leur répartition dans les spectres des étoiles et les conclusions qu'on en pourrait tirer. J'ai eu recours, pour ce travail, à trois sources principales : 1° les Mémoires publiés sous la direction de M. E.-C. Pickering dans les *Annales de l'Observatoire de Harvard*, t. XVIII (1re Partie : Miss MAURY, *Spectra of bright stars*; 2e Partie : Miss CANNON, *Spectra of bright southern stars*); 2° les nombreux travaux de Sir Norman Lockyer, spécialement son *Inorganic evolution*; 3° le bel *Atlas of stellar spectra* de Sir William et Lady Huggins. J'ai suivi la classification d'étoiles du Mémoire de Miss Cannon ; c'est celle du *Draper catalogue*, modifiée et complétée (1).

J'ai reconnu ainsi qu'abstraction faite de [H] et [K] du calcium, presque partout présentes, les raies ultimes ne se rencontrent pas dans les spectres des étoiles considérées comme les plus chaudes, c'est-à-dire dans les étoiles nébuleuses ou du type de Wolff et Rayet (groupes O), et dans les étoiles dites d'*Orion* (groupes B et B5A inclus). Les raies ultimes font leur apparition dans Algol (B8A), type de passage aux étoiles à hydrogène (groupe A), telles que Sirius ou Castor, où les raies ultimes nombreuses précèdent notablement le stage solaire (groupe G), qu'annonce Procyon (F5G), et dont Capella (G) est le type, caractérisé surtout par la prédominance des raies métalliques dont les raies ultimes se montrent ainsi la première expression. Elles sont encore présentes dans le groupe K, qu'Arcturus représente, et où la partie violette commence à s'affaiblir, type de transition aux étoiles à bandes sombres cannelées, d'origine métallique, dont Bételgeuse (M_b) est la plus brillante, et qui montrent, elles aussi, les raies ultimes dans la partie non obscurcie de leur spectre. Tout ce que nous venons de dire s'applique à la très grande majorité des spectres stellaires, c'est-à-dire à ceux que Miss Maury range sous la désignation de *divisions a et b*. Sa *division c*, environ 16 fois moins nombreuse, comprend des étoiles ne dépassant pas le groupe G, et dont les raies de l'hydrogène sont étroites, tandis que les lignes d'origine métallique sont plutôt épaisses et présentent

(1) *Annuaire du Bureau des Longitudes* 1909, p. 223, 238; 1910, p. 246, 249.

des intensités relatives tout à fait différentes de celles du spectre solaire; un certain nombre d'entre elles sont même étrangères à celui-ci. Les raies renforcées, *enhanced lines* de Sir N. Lockyer, y sont particulièrement intenses et indiqueraient la dissociation de nos corps simples en *proto-éléments*. Dans le Tableau ci-dessous, la colonne du milieu contient les longueurs d'ondes, corrigées d'après Exner et Haschek, des raies ultimes et de quelques raies de grande sensibilité. La division *a* et la division *c* ont été réparties à droite et à gauche, afin que le contraste apparaisse mieux entre les groupes d'étoiles se correspondant dans chaque division. Les lettres désignant chaque groupe sont celles adoptées par Miss Cannon. Les chiffres de chaque colonne donnent l'intensité des raies ultimes correspondantes pour le spectre de l'étoile type du groupe; ces intensités ont été prises dans les Tables V et VII du Mémoire de Miss Maury.

Division *a*.								Division *c*.					
Véga.	Sirius.	Castor.	Procyon.	Capella.	Arcturus.	Bételgeuse.	Raies ultimes ou très sensibles.	Rigel.	ζ du Lézard.	η Lion.	Deneb.	ε Cocher.	δ Grand Chien.
B8A.	A.	A.	F5G.	G.	K.	M_b.	λ.	B8A.	B9A.	A.	A2F.	F5G.	F8G.
	1	1	3	5			3860,1 Fe				2	?	3
2	3	3	3	4	?		3905,7 Si_a	?	1	2	4		
		?	2	3	3		3944,2 Al						
	2	2	2	6	6		3961,7 Al_a				2	2	3
	1	1	2	3	5	8	4030,9 Mn_a				1	2	5
	1	1	2	2	3	4	4033,2 Mn				2	2	2
			?	1	1	1	4034,3 K_a						
1	2	3	5	10	13	7	4046,0 Fe_a				2	4	4
			1			1	4047,3 K						
		1	2	2	2	3	4058,0 Pb_a						
1	2	3	3	7	4	5	4077,9 Sr_a			?	2	4	8
1	1	1	2	3	3	3	4118,9 Co_a				1	1	4
			1	1	2	3	4121,5 Co						
	1	2	2	3	3	1	4202,0 Rb_a				1	1	3
	1	2	3	5	7	9	4215,7 Sr				1	4	5
	1	1	2	1	1	4	4247,0 Sc				2	3	4
	2	1	1	2	3	5	4254,5 Cr_a				?	1	2
	?	1	2	3	5	6	4275,0 Cr						
1	2	4	3	11	10	13	4383,7 Fe_a				1	4	5
			2	2	4	7	4408,7 Va						2
	?	1	1	1	1	3	4554,2 Ba_a						

On voit que dans la division *c* les raies ultimes apparaissent à un stade notablement plus tardif que dans la division *a* et en moins grand nombre, tandis que la prédominance des raies renforcées nous annonce un état de la matière différent de celui qui existe dans le Soleil ou dans les sources électriques ordinaires de nos laboratoires; cet aspect particulier des spectres est bien visible dans l'atlas de Huggins, spécialement pour Rigel et pour Deneb (α Cygne). Ces deux étoiles sont aussi les types les plus caractéristiques (groupes *Rigelian* et *Cygnian*) de la série à *température ascendante* dans la classification de Lockyer, série qui correspond bien à la division *c* et comprend des étoiles à un moindre degré de condensation, où prédomine le *test spectrum*, spectre témoin, formé de raies renforcées (*Inorganic evolution*, Ch. V et VII), tandis que l'apparition des raies ultimes ne se fait pas ou subit un retard dans la série des groupes. Les raies ultimes du calcium [H] et [K], que j'ai supprimées du Tableau parce qu'elles figuraient dans toutes les colonnes, et les raies ultimes du strontium 4215,7 et 4077,9 sont considérées par Lockyer comme des raies renforcées, la dissociation des métaux alcalino-terreux en *proto-éléments* étant d'ailleurs supposée s'opérer à une température relativement basse.

Les clichés de spectres d'étincelle dans des mélanges de gaz m'ont toujours permis de reconnaître, en faibles quantités, l'oxygène par le triplet 4076,1; 4072,4; 4070,0, et l'azote par les raies 4630,7, et surtout 3995,3. C'est bien par ces mêmes raies que la présence de l'oxygène et de l'azote a été découverte par Mac Clean dans les étoiles à hélium. Les raies les plus sensibles des gaz n'ont d'ailleurs aucun des caractères des raies ultimes des métaux ou de certains métalloïdes, et ne sont pas, comme celles-ci, communes à l'étincelle, à l'arc ou aux flammes très chaudes; elles indiquent donc exclusivement dans les étoiles l'action de puissantes décharges électriques.

On voit que la présence ou l'absence des raies ultimes dans les spectres stellaires est susceptible de fournir des indications sur les températures relatives ou le stage d'évolution d'une étoile. Cette nouvelle sorte de lignes trouve aussi bien sa place dans les classifications de Harvard que dans les si intéressantes conceptions de Sir Norman Lockyer.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes et les congruences* K. Note de M. **A. Demoulin**.

Dans notre Note du 3 janvier 1910 nous avons démontré et complété un théorème dû à M. Bianchi. Les surfaces (M_3) dont il est question dans

l'énoncé de ce théorème dépendent d'une fonction α' qui n'est définie qu'à une constante additive près. Pour plus de netteté, nous désignerons par (M_3) celle des surfaces considérées qui correspond à une valeur arbitraire, mais déterminée, α'_0 de α' et par (M') la surface qui correspond à la valeur $\alpha'_0 + w$ de α'; la variation du paramètre w' donnera toutes les surfaces analogues à (M_3). Désignons par M' le point d'intersection de la surface (M') avec le cercle (Γ) qui passe par les points M_0, M_1, M_2. Le rapport anharmonique des points M_2, M', M_0, M_1 a pour valeur $\frac{\alpha'_0 + w'}{\theta}$. Par suite, *quatre surfaces* (M') *coupent le cercle* (Γ) *en quatre points dont le rapport anharmonique est constant.*

Les surfaces (M_0) et (M_3) correspondent à (M_1) dans des transformations de Ribaucour; donc, en vertu du théorème de M. Bianchi, il existe une infinité simple de surfaces qui correspondent à (M_0) et à (M_3) dans des transformations de Ribaucour. On les obtient comme il suit. Envisageons la surface (M) décrite par un point M situé sur (Γ) et dont les coordonnées $(y_1, \ldots, y_5)$ ont pour valeurs

$$y_1 = x_1, \qquad y_2 = x_2, \qquad y_3 = x_3, \qquad y_4 + iy_5 = \alpha + w, \qquad y_4 - iy_5 = \theta'';$$

θ'' étant définie par l'égalité

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + (x + w)\,\theta'' = 0$$

dans laquelle w désigne une constante arbitraire [1]. Lorsque w varie, la surface (M) engendre la famille en question [2]. Cette surface correspond évidemment à (M_0) dans une transformation de Ribaucour. Elle correspond aussi, dans une transformation de Ribaucour, à une quelconque des surfaces (M'); on l'établit en utilisant le lemme invoqué dans notre précédente Communication.

Il est clair que les surfaces (M) jouissent de la même propriété que les surfaces (M') : *quatre surfaces* (M) *coupent le cercle* (Γ) *en quatre points dont le rapport anharmonique est constant.*

Nous appellerons *système* K toute congruence de cercles tels que les

---

(1) La surface (M_2) correspond à la valeur *zéro* de w.

(2) Soient R', R'' les rayons de courbure principaux de (M_0). On sait que chaque solution (λ, μ) du système $\frac{\partial\lambda}{\partial u} + R'\frac{\partial\mu}{\partial u} = 0$, $\frac{\partial\lambda}{\partial v} + R''\frac{\partial\mu}{\partial v} = 0$ permet de définir une surface qui correspond à (M_0) dans une transformation de Ribaucour. Si les surfaces (M_1) et (M_2) correspondent aux solutions (λ_1, μ_1), (λ_2, μ_2), la surface (M) correspondra à la solution $(\lambda_1 + C\lambda_2, \mu_1 + C\mu_2)$, C désignant une constante arbitraire.

cercles (Γ) et *congruence* K la congruence rectiligne formée par les axes de ces cercles [1].

Les propriétés établies plus haut montrent déjà l'analogie qui existe entre les systèmes K et les systèmes cycliques, les surfaces (M) et les surfaces (M′) qu'il convient d'adjoindre à tout système K remplaçant les trajectoires orthogonales des cercles d'un système cyclique. Cette analogie se manifestera encore à maintes reprises dans les développements qui vont suivre.

Envisageons les normales aux surfaces (M) et les normales aux surfaces (M′) aux différents points d'un cercle (Γ). La normale à une surface (M) et la normale à une surface (M′) se coupent toujours, et, si l'on désigne par I leur point d'intersection, on a MI = M′I.

Deux cas peuvent se présenter : 1° si une des normales considérées est située dans le plan ω de (Γ), toutes le sont et l'égalité ci-dessus montre qu'elles sont de plus tangentes à une seule (Γ′) concentrique à (Γ); *ce cercle engendre un système cyclique et les surfaces* (M), (M′) *sont parallèles aux trajectoires orthogonales des cercles* (Γ′); 2° lorsqu'une des normales considérées est extérieure au plan ω, toutes le sont; alors les normales aux surfaces (M) et les normales aux surfaces (M′) engendrent deux demi-quadriques complémentaires; *la quadrique* (Q) *qui les porte est de révolution autour de l'axe a du cercle* (Γ).

---

[1] Des systèmes K particuliers ont été rencontrés dans plusieurs recherches de Géométrie infinitésimale. Nous citerons les systèmes engendrés :

1° Par les cercles décrits dans les plans tangents d'une surface à courbure totale constante, des points de contact comme centres avec un rayon constant arbitraire;

2° Par les cercles que M. Eisenhart a attachés à toute surface ayant même représentation de ses lignes de courbure qu'une surface à courbure constante;

3° Par les cercles de rayon nul formés par les tangentes isotropes en un point variable d'une surface de M. Guichard (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 159).

On doit à M. Bianchi une remarquable propriété des surfaces isothermiques :

Si (M_1), (M_2) *sont deux surfaces isothermiques déduites d'une surface isothermique* (M_0) *au moyen de deux transformations* D_{m_1}, D_{m_2} *de M. Darboux, il existe une quatrième surface isothermique* (M_3) *qui correspond aux surfaces* (M_1), (M_2) *dans des transformations* D_{m_2}, D_{m_1} *de M. Darboux*. Ce théorème peut être complété comme il suit : *Soient* M_0, M_1, M_2, M_3 *des points correspondants des surfaces* (M_0), (M_1), (M_2), (M_3). *Ces points sont concycliques et leur rapport anharmonique* $(M_0M_3M_1M_2)$ *est égal à* $\frac{m_2}{m_1}$. On établit aisément ces propriétés en s'appuyant sur les formules de M. Bianchi et en soumettant la figure à une inversion de pôle M_0; nous les avons d'abord obtenues par l'application de certaines des formules indiquées dans notre précédente Communication. *Le cercle qui renferme les points* M_0, M_1, M_2, M_3 *engendre un système* K.

Cette discussion conduit naturellement à une classification des systèmes K. Au premier des cas envisagés correspondront les systèmes K de *première espèce* et au second, les systèmes K de *seconde espèce*.

La Géométrie va nous fournir de nouvelles propriétés des systèmes K. Désignons par (M_0) et (M_3) deux quelconques des surfaces (M') et par (M_1) et (M_2) deux quelconques des surfaces (M). Soient C_{01}, C_{02}, C_{13}, C_{23} les centres des sphères qui ont pour enveloppes les couples (M_0), (M_1); (M_0), (M_2); (M_1), (M_3); (M_2), (M_3). Les plans tangents aux surfaces (C_{01}), (C_{02}), (C_{13}), (C_{23}) sont respectivement perpendiculaires aux cordes M_0M_1, M_0M_2, M_1M_3, M_2M_3 du cercle (Γ) en leurs milieux, donc elles ont en commun l'axe a de ce cercle.

Désignons par α_{iu} et α_{iv} les plans principaux de la surface (M_i) $(i = 0, 1, 2, 3)$ respectivement tangents aux lignes (M_{iu}) et (M_{iv}) [1]. Les tangentes aux courbes $(C_{01,u})$, $(C_{02,u})$, $(C_{23,u})$, $(C_{13,u})$ sont respectivement les intersections des plans α_{0u} et α_{1u}, α_{0u} et α_{2u}, α_{2u} et α_{3u}, α_{1u} et α_{3u}; comme elles rencontrent a, *elles concourent en un point* F′ *de* a *et les plans* α_{iu} *passent par ce point*. Pareillement, *les tangentes aux courbes* $(C_{01,v})$, $(C_{02,v})$, $(C_{23,v})$, $(C_{13,v})$ *concourent en un point* F *de* a *et les plans* α_{iv} *passent par ce point*.

Sur les surfaces (C_{01}), (C_{02}), (C_{23}), (C_{13}), le réseau (u, v) est conjugué (Dupin); donc, en vertu d'un théorème de M. Darboux (*Leçons*, IIe Partie, p. 230), u et v sont les paramètres des développables engendrées par la droite a et celle-ci est tangente aux courbes (F_u), (F_v).

Les surfaces (M_0) et (M_1) étant fixées, on peut faire coïncider les surfaces (M_2) et (M_3) respectivement avec une quelconque des surfaces (M) et une quelconque des surfaces (M'). Dès lors, les résultats que nous venons d'établir peuvent être énoncés comme il suit :

Soient F, F′ *les foyers de l'axe* a *du cercle* (Γ), F *correspondant à la développable* $v =$ const., *et* F′ *à la développable* $u =$ const.

Les plans principaux des surfaces (M) *et des surfaces* (M'), *tangents aux lignes* $v =$ const., *passent par le point* F′.

Les plans principaux des mêmes surfaces, tangents aux lignes $u =$ const., *passent par le point* F.

On déduit facilement de là que, dans le cas d'un système K de seconde espèce, *les foyers* Φ, Φ′ *des sections méridiennes de la quadrique* (Q) *sont conjugués harmoniques par rapport aux foyers* F, F′ *de la droite* a.

---

[1] Lorsque les coordonnées d'un point P d'une surface dépendent de deux paramètres u, v, nous désignons respectivement par (P_u) et (P_v) les lignes $v =$ const. et $u =$ const. qui passent par ce point.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la méthode de Jacobi* Note de M. **U. Cisotti**, présentée par M. Poincaré.

Dans une Note récente, M. Poincaré généralise [1] la méthode de Jacobi pour l'intégration des systèmes d'équations canoniques. En effet, le théorème de M. Poincaré se présente comme une généralisation du théorème de Jacobi relatif à un nombre de variables assigné d'avance. Mais, en augmentant ce nombre d'une manière convenable, on reconnaît aisément que le résultat de M. Poincaré peut être, à son tour, déduit du théorème de Jacobi.

Soient x_i, y_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ un système de $2n$ variables, qui doivent satisfaire aux équations canoniques de Hamilton

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{dF}{dy_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = \frac{dF}{dx_i},$$

où $F(x|y)$ est la fonction caractéristique.

Faisons un changement de variables, en exprimant les x et les y en fonction de $2N > 2n$ variables nouvelles $p_1, p_2, \ldots, p_N$; $q_1, q_2, \ldots, q_N$, et posons

$$(2) \qquad x_i = x_i(p|q), \qquad y_i = y_i(p|q).$$

Introduisons encore $r \leqq 2(N - n)$ relations indépendantes entre les variables p et q :

$$(3) \qquad f_k(p|q) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, r).$$

Les relations (2) et (3) doivent être choisies de façon que l'expression

$$(4) \qquad \sum y\,dx - \sum p\,dq = \text{une différentielle exacte à } 2N - r \text{ variables.}$$

On peut observer qu'il y a une infinité de changements de variables, qui rentrent dans les conditions précédentes.

On y satisfait, par exemple, en prenant une fonction S des variables y et q $\left(\text{dont la matrice, qui a pour éléments les } \frac{d^2S}{dy\,dq}, \text{ ne s'annule pas identiquement}\right)$, et en

---

[1] *Sur une généralisation de la méthode de Jacobi* (*Comptes rendus*, t. CXLIX, 13 décembre 1909).

posant

$$(5) \qquad x = \frac{dS}{dy}, \qquad p = \frac{dS}{dq};$$

à ces relations on peut ajouter un certain nombre $5 \leqq N - n$ de relations (3).

Le changement de variables, dont se sert M. Poincaré, rentre dans ce type.

Supposons que les r relations (3) soient résolubles par rapport à r des q : nous les appellerons les q_b; en indiquant les autres $N - r$ par q_a, et distinguant de même les variables conjuguées en deux groupes, les q_b seront des fonctions des q_a, des p_a et des p_b. Cela nous permet d'exprimer la fonction caractéristique F en fonction des p_a, des p_b et des q_a; nous appellerons $H(p_a|p_b|q_a)$ ce que devient la $F(x|y)$ après cette substitution.

Soit $V(q_a|q_b|\alpha_a|\alpha_b)$, où les α_a et les α_b sont des constantes, une intégrale complète de l'équation aux dérivées partielles

$$H\left(\frac{dV}{dq_a}\middle|\frac{dV}{dq_b}\middle|q_a\right) = \text{const.} \qquad (\text{fonction des } \alpha),$$

et posons

$$(6) \qquad \begin{cases} p_a = \dfrac{dV}{dq_a}, & p_b = \dfrac{dV}{dq_b}, \\ \beta_a = \dfrac{dV}{d\alpha_a}, & \beta_b = \dfrac{dV}{d\alpha_b}, \end{cases}$$

où les β_a et les β_b sont aussi des constantes.

Le théorème de Jacobi nous assure que les (6) rendent l'expression

$$(7) \qquad \sum p\,dq - \sum \alpha\,d\beta = \text{une différentielle exacte},$$

si l'on regarde les q et les α comme des variables indépendantes, et *a fortiori*, si les q_b sont liées aux autres variables par les relations (3), et si nous posons aussi $\alpha_b = 0$, en choisissant (ce qui est toujours possible) de tels α_b que le déterminant $\left\|\dfrac{d^2}{d\alpha_a\,d\beta_a}\right\|$ ne s'annule pas.

Pour plus de clarté, nous indiquerons par $W(q_a|q_b|\alpha_a)$ ce que devient la fonction V lorsqu'on y pose $\alpha_b = 0$.

Il va sans dire que toute intégrale de $H = \text{const.}$, dépendant de $N - r$ constantes, pourrait être envisagée comme une telle W, pourvu seulement que le déterminant $\left\|\dfrac{d^2 W}{dq_a\,d\alpha_a}\right\|$ ne s'annule pas.

On a, d'après (6),

$$(8) \qquad p_a = \frac{dW}{dq_a}, \qquad p_b = \frac{dW}{dq_b}, \qquad \beta_a = \frac{dW}{d\alpha_a};$$

quant au dernier groupe $\beta_b = \left(\frac{dN}{d\alpha_b}\right)_{\alpha_b=0}$, on peut l'envisager comme la définition des β_b, et nous n'aurons pas à le considérer davantage.

Le (7) devient après cela

$$(9) \qquad \sum p\,dq - \sum \alpha_a\,d\beta_a = \text{une différentielle exacte à } 2(N-r) \text{ variables.}$$

Les (8) et les (3), qui sont au nombre de $2N$, nous donnent tout p et tout q en fonction des $2(N-r)$ constantes α_a et β_a. Enfin, une substitution dans les (2) nous donnera les $x_i(\alpha_a|\beta_a)$ et les $y_i(\alpha_a|\beta_a)$, tels que, grâce aux relations (4) et (3), l'expression

$$\sum y\,dx - \sum \alpha\,d\beta$$

est une différentielle exacte à $2(N-r)$ variables.

Si l'on prend, en particulier, $r = N - n$ [ce qui vérifie bien l'inégalité $r \leq 2(N-n)$], et si l'on suppose que les expressions des x, y soient résolubles par rapport aux α_a et aux β_a (ce qui arrivera en général, en exigeant seulement des restrictions qualitatives que j'omets de préciser), on a entre les x, y et les α_a, β_a un changement de variables *canonique*.

C. Q. F. D.

Remarque. — Ayant fixé pour r la valeur $N+n$, pour retrouver les résultats de M. Poincaré, il suffit :

1° D'indiquer par p' et q' les variables qu'il désigne par p et q;

2° De poser dans ce qui précède

$$p_a = p'_a, \qquad q_a = q'_a, \qquad p_b = -q'_b, \qquad q_b = p'_b; \qquad \alpha_a = y'_a, \qquad \beta = x'_a;$$

3° D'avoir recours aux relations (5) [en remplacement des (2) et (3)] avec

$$S = \sum yx\,(q'_a|q'_b).$$

Les fonctions $x(q'_a|q'_b)$ sont les expressions paramétriques, d'où part M. Poincaré, pour élever le degré de liberté du système.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles de points.* Note de M. **Ludovic Zoretti**, présentée par M. Appell.

1. Je me propose de développer dans cette Note certaines définitions qu'on peut donner relativement à un ensemble de points (à deux dimensions, par exemple) dans un ordre d'idées analogue à celui dont M. Denjoy s'est occupé

dans deux Notes récentes. La définition de ce qu'il appelle la *sinuosité* d'un ensemble s'était présentée naturellement à moi, il y a déjà longtemps, avec une légère différence que j'indique tout d'abord; tandis que, parmi les chemins qui évitent les points de l'ensemble et joignent A et B, il considère tous ceux qui sont dans un cercle de rayon r autour du point qu'on veut étudier, je considère uniquement ceux dont l'écart AB est plus petit qu'un nombre ε que je fais tendre vers zéro en laissant r fixe. La limite inférieure des rapports des longueurs de ces chemins à la longueur AB augmente quand ε diminue et tend vers une limite. La limite supérieure de toutes ces limites pour les différents couples A, B diminue avec r. Si sa limite pour $r = 0$ est $1 + \lambda$, λ sera la sinuosité.

On voit tout de suite que la définition ci-dessus fournit une valeur supérieure (ou égale) à celle de M. Denjoy. On conçoit que les deux valeurs puissent être différentes, car il peut être plus court pour aller de A à B de s'écarter notablement de AB que d'en rester constamment très près.

II. Les applications actuelles de la théorie des ensembles à la théorie des fonctions analytiques semblant nécessiter une étude de plus en plus approfondie de la disposition dans le plan des points d'un ensemble, je crois utile d'indiquer les points de vue suivants auxquels on peut encore se placer pour une telle étude.

Entourons chaque point d'un ensemble borné d'un cercle de rayon r. L'ensemble de ces cercles couvre un nombre fini de domaines. Soit n ce nombre. Quand r diminue, n croît. S'il reste borné, il atteint et conserve une valeur fixe. S'il grandit indéfiniment, il aura un *ordre* d'infinitude par rapport à $\frac{1}{r}$; ce nombre ou cet ordre pourront s'appeler l'*ordre de morcellement de l'ensemble*.

Il est facile de voir qu'on peut considérer au lieu de cercles une succession E_n d'ensembles jouissant des propriétés suivantes : 1° chacun est une somme de continus superficiels; 2° chacun est portion du précédent; 3° ils contiennent l'ensemble E donné; 4° chaque portion de E_n est à une distance de E inférieure à r, et tout point de E_n est à une distance de E inférieure à $2r$. Le nombre des portions de E_n est une fonction croissante de r, qui a la même limite que dans le cas précédent, pourvu que E soit fermé.

III. Le point de vue suivant se rapproche davantage de celui de M. Denjoy. Soit a un point d'un ensemble à deux dimensions. Menons par a une droite qui fait avec une droite fixe l'angle φ. Les points de l'ensemble

situés sur la droite et intérieurs à un cercle de rayon r forment un ensemble de mesure $m(\varphi)$. Calculons l'intégrale (au sens de Lebesgue) :

$$\frac{1}{2\pi r}\int_0^{2\pi} m(\varphi)\,d\varphi.$$

Cette intégrale tend, en général, quand r tend vers zéro, vers une limite que j'appellerai *ramification de l'ensemble au point a*.

Ce nombre est compris entre 0 et 1. Il est égal à 1 pour un ensemble superficiel lorsque a est un point intérieur. Il peut prendre une valeur quelconque pour un point frontière d'un ensemble superficiel. Il est facile de donner des exemples d'ensembles non continus pour lesquels il prend une valeur non nulle. Il est vraisemblablement nul pour un ensemble d'aire nulle. Enfin il n'y a certainement pas identité entre cette définition et celle de M. Denjoy. D'ailleurs elle a l'avantage de s'appliquer au cas d'un ensemble continu, ce qui n'est pas le cas de la première. Il me semble naturel de lui faire jouer un rôle dans l'étude des singularités d'une fonction continue, de variable complexe.

IV. Je signale en dernier lieu la définition suivante : Entourons un point a d'un ensemble d'un cercle de rayon r. Considérons l'ensemble des points qu'on peut joindre à a par un chemin évitant l'ensemble et de longueur inférieure ou égale à r. Ces points forment un domaine. Considérons le rapport de son *aire* à πr^2. La plus grande limite de ce rapport, quand r tend vers zéro, est un nombre qui caractérise aussi l'enchevêtrement des points de l'ensemble.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'élimination des couples directeurs électriques et des effets dus à la dissymétrie, à l'absence de réglage et aux forces électromotrices de contact dans les électromètres à quadrants.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

La méthode suivante permet d'obtenir, avec un électromètre dissymétrique et dépourvu de moyens de réglage, des résultats entièrement rigoureux; d'accroître en même temps la sensibilité de l'appareil et d'en supprimer l'étalonnage. Nous supposerons seulement que les déplacements sensibles de l'aiguille se réduisent à une rotation.

Supportons le fil de suspension par un tambour dont la rotation puisse être exactement mesurée. Soient θ l'angle d'écart de l'aiguille relativement

à une position initiale *quelconque*, α l'angle de torsion du fil, C son coefficient de torsion, W l'énergie potentielle du système formé par l'aiguille et les quadrants. On a, pour l'équilibre,

$$(1) \qquad C\alpha = \frac{dW}{d\theta}.$$

Or W est une fonction quadratique et homogène des potentiels V_1, V_2 et V des secteurs et de l'aiguille; les coefficients qui y figurent sont eux-mêmes des fonctions continues de θ développables suivant les puissances de θ. L'équation (1) est donc de la forme

$$(2) \qquad C\alpha = F(V_1, V_2, V) + \theta P(\theta);$$

F désignant une fonction quadratique et homogène à coefficients constants et $P(\theta)$ un développement en θ.

Si, par rotation du tambour de suspension, on ramène constamment l'aiguille dans sa position initiale, on a $\theta = 0$ et l'équation (2) se réduit à

$$(3) \qquad C\alpha = F(V_1, V_2, V).$$

Ainsi se trouve éliminé le terme en P, c'est-à-dire l'ensemble de tous les couples directeurs d'origine électrique, aussi bien ceux mis en évidence par Hopkinson, M. Gouy, etc., et qui proviennent des termes constants de P, que ceux résultant des autres termes de ce développement.

Ceci posé, il est possible, en combinant par différence deux lectures convenables α et α', d'obtenir des relations de la forme

$$(4) \qquad C(\alpha - \alpha') = K \times \mathcal{V}\mathcal{V}',$$

$\mathcal{V}$ et $\mathcal{V}'$ désignant deux potentiels donnés, de telle sorte que la sensibilité dans la mesure de $\mathcal{V}'$ soit rigoureusement proportionnelle à $\mathcal{V}$, et réciproquement. Dans les deux cas l'étalonnage est supprimé.

I. Interchangeons les potentiels des secteurs et ramenons l'aiguille dans sa position initiale. Soit α' la nouvelle torsion du fil. Nous aurons

$$(5) \qquad C\alpha' = F(V_2, V_1, V).$$

En retranchant (3) de (5), on obtient

$$C(\alpha' - \alpha) = \lambda(V_2 - V_1)(V_1 + V_2 + kV).$$

Si l'on fait $V_1 + V_2 = 0$ (*montage symétrique*), on obtient

$$C(\alpha' - \alpha) = 2\lambda k V_2 V,$$

relation de la forme (4).

II. Au lieu d'interchanger les potentiels des secteurs, remplaçons chacun d'eux par un potentiel égal et contraire. Nous obtenons

$$(6) \qquad C\alpha' = F(-V_1, -V_2, V),$$

et, par soustraction avec (3) :

$$C(\alpha' - \alpha) = A'(V_2 + k'V_1)V.$$

Pour $V_2 = 0$ (*montage hétérostatique*), on obtient encore une relation de la forme (4).

D'autres combinaisons sont également possibles. Nous n'y insisterons pas.

Les formules précédentes supposent négligeables les forces électromotrices de contact entre les secteurs, l'aiguille et le sol. Autrement, il faudrait poser

$$V_1 = U_1 + \varepsilon_1, \qquad V_2 = U_2 + \varepsilon_2, \qquad V = U + \varepsilon.$$

On obtiendrait alors des relations de la forme

$$(7) \qquad C(\alpha' - \alpha) = K(\mathfrak{v} + \mu)\mathfrak{v}'.$$

Si besoin était, on éliminerait μ au moyen de deux lectures correspondant à $\mathfrak{v} = 0$. Mais cela n'est généralement pas nécessaire. En particulier, la formule (7) se prête directement à la mesure relative des potentiels $\mathfrak{v}'$.

La méthode actuelle est facilement applicable à la mesure des charges. Supposons, par exemple, qu'on emploie la méthode hétérostatique ($V_2 = 0$). La charge q des secteurs isolés a pour expression $q = mV + nV_1$, m et n désignant des fonctions de θ qui se réduisent ici aux termes constants de leurs développements (puisqu'on fait toujours $\theta = 0$).

Posons $V_1 = U_1 + \varepsilon_1$, ε_1 désignant une force électromotrice de contact.

L'aiguille étant au potentiel V, relions les secteurs 1 au sol ($U_1 = 0$); faisons tourner la suspension jusqu'à ce que $\theta = 0$, puis supprimons la communication avec le sol : les secteurs 1 gardent une charge $q_1 = mV + n\varepsilon_1$. Si nous leur communiquons alors la charge inconnue x et si nous faisons $\theta = 0$ au moyen d'une torsion α, ils prendront un certain potentiel $V_1 = U_1 + \varepsilon_1$ et leur charge actuelle s'exprimera par $mV + n(U_1 + \varepsilon_1)$. D'où l'on déduit $x = nU_1$.

Pour mesurer U_1 on relie les secteurs 1 à l'une des extrémités d'un potentiomètre sur lequel on agit, sans toucher à la suspension, jusqu'à rétablir $\theta = 0$. La torsion reprend la même valeur α et les secteurs 1 le même potentiel $V_1 = U_1 + \varepsilon_1$. Remplaçons U_1 par $-U_1$, rétablissons $\theta = 0$ et

mesurons la torsion α'. On trouve :

$$C(\alpha' - \alpha) = B(V + \mu)U_1 = B'(V + \mu)x.$$

La mesure de x peut donc s'effectuer sans étalonnage et avec une sensibilité proportionnelle à $V + \mu$.

Le dispositif expérimental et les vérifications seront publiés ailleurs.

PHYSIQUE. — *Sur la constante de la loi de Stefan et le rayonnement du platine.* Note de MM. **Edmond Bauer** et **Marcel Moulin**, présentée par M. Villard.

I. Dans une récente Note [1] nous avons décrit une méthode qui nous a permis de déterminer la constante σ de la loi de Stefan :

$$E = \sigma T^4.$$

Nous comparions le rayonnement d'un corps noir à 1064° au rayonnement d'une lame de platine, connu, en valeur absolue, par des expériences dans le vide.

Nous admettions que le rayonnement du platine suit très suffisamment la loi de Lambert jusqu'à des angles d'émission très grands.

C'est ce que semblaient démontrer les expériences de Möller [2] sur le rayonnement rouge du platine et les expériences de Knoblauch [3] sur le pouvoir réflecteur d'autres métaux pour les rayons infra-rouges. Nous avions d'ailleurs vérifié que le pouvoir émissif de notre lame de platine était le même dans la direction normale et dans une direction voisine de 40° ; mais nous n'avions pas pu dépasser cet angle avec les appareils dont nous disposions.

Dans cette hypothèse qui nous semblait alors très probable, nous avons trouvé

$$\sigma = 6{,}0 . 10^{-12} \qquad (\text{watt.cm}^{-2}\ \text{degré}^{-4}).$$

II. M. Féry nous a signalé depuis qu'il avait essayé de faire vérifier, comme manipulation, la loi de Lambert sur le rayonnement total du platine et que le pouvoir émissif semblait augmenter beaucoup avec l'incidence. Nous avons alors entrepris une série d'expériences, d'abord

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 988.

(2) Möller, *Wied. Ann.*, t. XXIV, 1885, p. 266.

(3) Knoblauch, *Wied. Ann.*, t. I, 1877, p. 1.

avec une lame de platine neuve (polie), puis sur l'une de celles qui avaient servi à nos expériences et dont la surface avait pris un aspect cristallin.

Nous avons trouvé que le pouvoir émissif, constant pour des angles d'émission inférieurs à 40°, augmente notablement pour des angles plus grands, comme on le verra dans le Tableau ci-dessous.

Nous nous sommes aperçu depuis que ce résultat avait été prévu, pour le rayonnement rouge, par M. Oulianine [1] à partir des formules de la réflexion métallique et des constantes optiques du platine déterminées par Drude.

Le Tableau ci-dessous donne, dans la première colonne, les valeurs relatives du pouvoir émissif calculé pour le rouge et, dans la deuxième, les résultats de Möller. On voit qu'il y a un désaccord entre la théorie et l'expérience. M. Oulianine attribue ce désaccord à l'état de la surface. Nous avons vérifié rapidement que, pour une surface polie, le pouvoir émisssif, pour le rouge, augmente bien, comme le veut la théorie (colonne 3), alors que, pour une surface rugueuse, le pouvoir émissif reste constant (colonne 4). Enfin la dernière colonne donne la moyenne des résultats que nous avons obtenus pour la radiation totale. On voit que l'augmentation du pouvoir émissif avec l'angle d'émission est beaucoup plus grande pour la radiation totale que pour le rouge seul.

Angle.	1. Calculé.	2. Möller.	3. Poli.	4. Rugueux.	5. Émission totale.
0.....	1,000	1,000	1	1,00	1,00
10.....	0,999	0,998	»	»	0,98
20.....	1,000	0,998	»	»	0,97
25.....	»	»	0,97	1,00	»
30.....	1,005	0,999	»	»	0,97
40.....	1,015	1,004	1,02	1,00	0,985
50.....	1,046	1,008	1,00	1,00	1,03
60.....	1,090	1,008	1,07	1,00	1,14
70.....	1,167	1,015	1,10	1,00	1,35
80.....	1,159	1,029	1,13	1,00	1,77
85.....	»	»	»	»	1,90

Les résultats de la colonne 5 s'appliquent à la lame de platine rugueuse qui avait servi à nos expériences antérieures. La lame polie a fourni les mêmes nombres [2] qui semblent, de plus, indépendants de la température.

---

[1] Oulianine, *Wied. Ann.*, 62, 1897, p. 536.

[2] Il faut remarquer qu'il s'agit ici de grandes longueurs d'onde.

III. A partir de ces données, nous avons pu facilement corriger l'erreur systématique qui s'introduisait dans notre résultat, en tenant compte de ce que le télescope visait la lame sous un angle de 13° environ. Cette correction variait entre 11,5 et 12,1 pour 100, ce qui permet de connaître à 1 pour 100 près la valeur de σ corrigée.

Nous obtenons ainsi :

$$\sigma = 5,3.10^{-12} \qquad (\text{watt.cm}^{-2}\ \text{degré}^{-4}),$$

valeur qui est en bon accord avec le résultat de M. Kurlbaum ($5,32.10^{-12}$).

CHIMIE. — *Sur les difficultés de la bibliographie chimique.* Note de M. **A. Colson.**

Dans le dernier Volume des *Comptes rendus* (p. 1378), M. Baubigny tient absolument à me convaincre d'avoir grossi une erreur en généralisant sans preuve une réaction que je n'ai pas faite. Il affirme que, en compulsant cinq *traités* étrangers, qui sont, à son avis, les Ouvrages les plus autorisés en Chimie minérale, il n'a pas trouvé le fait que j'ai relaté dans le *Traité* de Moissan. Il est vrai que je n'ai pas aussi souvent cité ces œuvres que l'*Encyclopédie Frémy* où se trouve une excellente monographie de l'*Argent* écrite par M. de Forcrand, Correspondant de l'Institut. C'est là, et à propos du sujet qu'il incrimine, que M. Baubigny aurait trouvé sans peine (p. 362, lignes 15 et 16) l'affirmation qu'il persiste à m'attribuer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur sur l'aluminium dans le vide.* Note de M. **E. Rohn-Abrest**, présentée par M. Arm. Gautier.

Au cours d'une étude faite pour extraire les gaz de l'aluminium, j'ai pu observer quelques propriétés intéressantes de ce métal.

Quand on chauffe de l'aluminium pratiquement pur (99,2 pour 100), ou de la poudre d'aluminium dégraissée et séchée dans le vide, on constate un dégagement très lent de gaz. Lorsqu'au bout de plusieurs heures après refroidissement, on retire le métal ou la poudre du milieu, on s'aperçoit que le résidu de l'opération possède un aspect très différent de la matière première, la poudre en particulier s'est agglomérée en globules ou en amas fondus d'aspect brillant, et s'est séparée de l'oxyde préexistant dont j'ai déjà signalé l'existence.

On constate en outre une perte de poids qui est due à une volatilisation de l'aluminium. Cette volatilisation est suivie d'effets qui varient avec les conditions de l'expérience.

Le dispositif que j'ai employé comprend un tube de porcelaine de Berlin de 2^{cm} de diamètre et de $0^{m},80$ de longueur, chauffé électriquement; ce tube est relié à la trompe à mercure d'Ogier, les deux extrémités du tube s'engageant dans des tubes en verre garnis d'anhydride phosphorique; l'une de ces extrémités comprend un tube de Plücker. Les températures sont mesurées, au fur et à mesure des expériences, au pyromètre Le Chatelier.

Lorsque, avec ce dispositif, on chauffe de l'aluminium en morceaux ou en poudre vers 1100° dans des nacelles en porcelaine pendant 2 heures environ, on constate qu'au cours de la volatilisation la nacelle est devenue brun foncé avec de beaux reflets irisés [1]. Avec un chauffage plus prolongé, on remarque que le métal a attaqué les nacelles au fond desquelles adhèrent des amas d'un produit cristallisé en longues aiguilles que l'analyse démontre être formé par un alliage d'aluminium et de silicium. Par attaque dans l'acide chlorhydrique, le silicium est isolé en paillettes noires cristallisées; selon la durée du chauffage, on obtient des siliciures différents. J'ai trouvé ainsi un siliciure dont la formule serait Al^2Si.

Dans le but d'éviter l'attaque de la nacelle et la présence du silicium, j'ai poursuivi l'étude de la volatilisation de l'aluminium dans des nacelles en graphite ne renfermant guère plus de 1 pour 100 de cendres. On constate, dans ces conditions, *que les nacelles absorbent une partie notable des vapeurs de l'aluminium*, l'autre se perd dans l'enceinte chaude, le reste est aggloméré en globules recouverts d'un enduit jaune soluble dans l'acide chlorhydrique.

J'ai étudié systématiquement la volatilisation de l'aluminium; les résultats peuvent se résumer dans le Tableau ci-après :

Expérience I.

Températures.	Durée du chauffage.	Poids de la matière.	Perte totale.	Gain de la nacelle seule.	Perte totale pour 100.	Observations.
°	h	g				
770	4	1,012	0,0000	0,0000		Métal en morceaux allongés
850	4	1,012	0,0030	0,0000		Id.
850	4	1,012	»	»		Aux trois quarts fondu en globules brillants
950	4	1,012	0,0000	0,0020		Globules
1100	4	1,012	0,0720	0,0370		Globules

[1] L'emploi des vapeurs d'aluminium me semble susceptible d'une application en céramique.

Expérience II.

Températures.	Durée du chauffage.	Poids de la matière.	Perte totale.	Gain de la nacelle seule.	Perte totale pour 100.	Observations.
1100°	8h	1g,3560	0,2850	0,2380	21,01	Globules affaissés et rétrécis
1100	20	1,0710	0,4280	0,3050	31,59	Id.
1100	44	0,9280	0,5340	0,4180	39,33	Séparation en petits globules et cristaux; l'augmentation du poids de la nacelle est due en partie à ces globules
1100	52	0,9080	0,5364	0,4310	41,09	
1100	60	»	0,5604	0,4460	42,85	

On voit que la volatilisation du métal ne se produit qu'à partir de 1100°; elle n'est pas proportionnelle à la durée du chauffage; très rapide au bout des huit premières heures de chauffage, elle se ralentit considérablement ensuite au bout de 44 heures de chauffage, elle est négligeable. Ce ralentissement n'est pas dû à l'influence des surfaces, car en introduisant dans la nacelle des fragments d'aluminium de la même taille que ceux qui ont été réduits par le chauffage, la volatilisation se fait dans les mêmes conditions.

Si l'on cherche à s'expliquer ce résultat singulier, on peut être conduit tout d'abord à supposer qu'il existe dans le métal mis en expérience deux parties, l'une plus volatile que l'autre.

J'ai cherché à vérifier cette hypothèse; dans ce but, j'ai examiné entre autres expériences les globules restant dans la nacelle et constaté qu'ils renferment par gramme 0,2260 d'un corps en paillettes noires insolubles dans les acides nitrique, sulfurique et chlorhydrique; ce corps répond à un carbure de silicium C^3Si^3. La quantité de ce carbure correspond à 15 pour 100 de la matière première.

Malgré qu'il fût peu vraisemblable d'attribuer la quantité considérable de silicium qui a été trouvée, à celui qui existe dans les cendres des nacelles en graphite, j'ai écarté cette cause d'erreur en employant des nacelles en alumine pure, que j'ai préparées en suivant les indications de M. le professeur Verneuil.

Les expériences reprises dans les nacelles complètement exemptes de silice m'ont donné les résultats suivants :

Température.	Durée.	Perte pour 100.
1100°	8h	40
1100	24	5,32
1100	40	3,30

De même qu'avec les nacelles en porcelaine ou en graphite, on constate que les globules résiduaires sont recouverts d'un enduit jaune, que leur texture est cristalline et laissent après attaque aux acides un résidu constitué aux $\frac{9}{10}$ par du silicium (¹) en paillettes cristallines noires et brillantes. *La quantité de silicium trouvée correspond à* 13,9 *pour* 100 *de la matière première.* En mettant à côté deux nacelles, l'une en alumine ouverte, l'autre en alumine, mais fermée par un couvercle de même substance, on constate au bout de 20 heures de chauffage que la nacelle fermée ne change pas de poids et ne contient pas de silicium; la nacelle ouverte, par contre, a perdu 23,8 pour 100 de son poids; ses globules résiduaires renferment 13,7 pour 100 de silicium par rapport à la quantité d'aluminium mis en œuvre.

Dans ces dernières expériences, la présence du silicium ne peut plus être attribuée au corps immédiatement en contact avec l'aluminium. Pour éclairer l'origine de ce silicium, j'ai opéré finalement dans un système comprenant extérieurement le tube de porcelaine; intérieurement, un tube en fer doux et, dans le tube en fer doux, la nacelle en alumine renfermant l'aluminium. Dans ces conditions, avec une perte de poids de 22 pour 100, au bout de 20 heures de chauffage à 1100°, on ne trouve plus de silicium dans le métal résiduel.

En résumé, ces expériences montrent qu'au cours d'un chauffage à 1100°, l'aluminium se volatilise; durant sa volatilisation et à la longue seulement, tout se passe comme si l'aluminium réagissait sur les parois de l'enceinte et mettait à nu du silicium. Celui-ci paraît subir une volatilisation partielle très lente; au fur et à mesure de leur volatilisation, les vapeurs de silicium seraient absorbées par l'aluminium liquide; au cours du refroidissement, ce silicium cristallise au sein de la partie non volatilisée de l'aluminium.

L'intérieur du tube en porcelaine est uniformément enduit d'une couche grise qui, par places, se soulève en feuilles. Nulle part, on ne remarque de globules métalliques, ce qui tend à faire croire que le silicium mis à nu serait du silicium amorphe. On ne saurait s'expliquer autrement le phénomène intéressant que j'ai pu suivre.

Je poursuis donc l'étude de la volatilisation de l'aluminium en milieu

---

(¹) Le résidu comprend en outre 10,4 pour 100 d'un oxyde très difficile à précipiter par l'ammoniaque. Je publierai ultérieurement l'analyse complète de tous les produits obtenus.

exempt de silicium. J'ai voulu seulement, dans cette Note, indiquer les modifications très inattendues que subit l'aluminium dans les conditions que j'ai exposées, modifications utiles à connaître même dans la pratique industrielle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cémentation du fer par le carbone solide.* Note de MM. **G. Chaupy** et **S. Bonnerot**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une publication antérieure, l'un de nous a fait ressortir l'incertitude qui subsiste au sujet de la possibilité de cémenter le fer par le carbone solide, et montré que les résultats contradictoires obtenus dans les essais effectués jusqu'ici pouvaient être attribués à ce qu'on n'avait pas pris assez de soin pour éliminer les gaz carburants dans les expériences positives, ni pour assurer le contact du carbone et du métal dans les expériences négatives. Nous avons donc repris de nouvelles expériences et en résumons ici les résultats, qui pourront être utilement ajoutés à ceux récemment publiés sur le même sujet par MM. Guillet et Griffiths.

La suppression complète des gaz occlus dans l'acier est des plus délicates à réaliser; les récentes observations de M. Belloc ont fait ressortir cette difficulté qui nous a conduits à recommencer plusieurs séries d'expériences en augmentant graduellement la durée du chauffage préalable dans le vide. D'autre part, le métal, après épuisement dans le vide, absorbe de nouvelles quantités de gaz dès qu'il est manipulé au contact de l'air. Le charbon, enfin, se comporte de même, surtout quand il est à l'état amorphe, et c'est pourquoi, sans laisser complètement de côté le charbon de sucre purifié qui a été généralement employé jusqu'ici dans les essais de ce genre, nous avons utilisé aussi, dans de nombreuses expériences, le graphite et le diamant.

Nous avons donc été conduits à adopter la technique suivante :

Chauffer préalablement dans le vide à 1000° et dans des tubes séparés, le métal, (acier doux Martin ne contenant que des traces d'éléments autres que le carbone et le manganèse) et le carbone (charbon de sucre purifié, graphite purifié ou diamant blanc transparent) jusqu'à ce que le dégagement de gaz, produit par un fonctionnement continu de la trompe à mercure, soit pratiquement nul (moins de $0^{cm^3},1$ à l'heure). Mettre le fer et le carbone en contact en les laissant le moins longtemps possible à l'air, et les chauffer dans le vide jusqu'à cessation du dégagement gazeux, à une température de 700° environ, nettement inférieure à la température de cémentation rapide; chauffer ensuite jusqu'à 1000° et maintenir plusieurs heures cette température tout en faisant

fontionner continuellement la trompe pour éliminer les traces de gaz qui pourraient encore se produire.

Toutes les fois que nous avons opéré en suivant strictement ces précautions, l'expérience a été nettement négative.

L'examen microscopique des surfaces de métal en contact avec le carbone n'a pas fait constater l'absorption de la moindre trace de carbone ; au contraire, il a suffi de laisser dans l'appareil des quantités de gaz très petites, en arrêtant le fonctionnement de la trompe ou en employant du métal soumis à un vide imparfait avant l'expérience, pour voir apparaître la cémentation. Ceci se produit aussi bien avec le diamant qu'avec le graphite ou le charbon de sucre, et nous croyons devoir le noter, car dans les essais effectués jusqu'ici avec le diamant, on avait généralement obtenu la formation d'une fonte (par fusion), mais pas la cémentation proprement dite.

On peut donc, croyons-nous, considérer comme établi que le carbone solide ne cémente pas le fer à 1000° en l'absence d'un véhicule gazeux qui paraît être, dans la plupart de nos expériences, l'oxyde de carbone. Mais on ne peut en déduire que le carbone ne se diffuse pas dans le fer, comme paraissent l'indiquer les changements de structure observés dans les fontes et aciers chauffés au-dessus des points critiques. Si, d'une part, il est bien difficile de dire quel peut être le rôle joué dans cette diffusion par les gaz occlus, car on n'a jamais étudié jusqu'ici de métaux réellement privés de gaz, il faut remarquer aussi, d'autre part, que le contact n'est pas établi dans les mêmes conditions quand on considère du carbone comprimé entre deux fragments d'acier ou bien une parcelle de graphite ou de cémentite, englobé dans l'intérieur d'une fonte ou d'un acier. Diverses observations et, en particulier, celles récemment présentées à l'Académie par M. Carpentier (1) et par M. Rosenstiehl (2), portent à admettre que l'adhérence entre deux corps peut varier dans des limites très étendues suivant que le contact est plus ou moins parfait; or nous n'avons pu, même en les comprimant très fortement, produire entre le carbone et l'acier une adhérence comparable à celle qui existe entre le graphite et la ferrite de la fonte. Dans nos derniers essais, le carbone était serré avec une presse entre un cylindre et un piston d'acier autant que le permettait la limite élastique de ce métal (environ 3000^{atm}), et le piston était bloqué sous pression par un contre-écrou ; le carbone était donc fortement pressé contre le métal à froid, mais il est bien certain que cette pression tombait rapidement dès qu'on élevait la température, d'abord par le jeu des dilatations

(1) Carpentier, *Comptes rendus*, avril 1909, p. 896.

(2) Rosenstiehl, *Comptes rendus*, août 1909, p. 397.

et aussi parce que la limite élastique du métal s'abaisse; en fait, l'adhérence obtenue entre carbone et métal a toujours été assez faible. Peut-être pourrait-on l'augmenter en maintenant la pression à chaud; mais, comme la limite élastique de l'acier est pratiquement nulle à 1000°, il ne paraît pas possible de réaliser une pression notable dans un récipient chauffé à cette température. Il faut, pour opérer sous pression à chaud, avoir recours à un dispositif analogue à celui employé récemment par l'un de nous pour étudier la séparation du graphite sous pression (1). Mais ce dispositif ne permet pas d'opérer dans un espace vide de gaz.

Si donc on peut admettre que le carbone solide extérieur à un fragment d'acier ne peut y pénétrer sans l'intervention d'un véhicule gazeux, de nouvelles expériences sont nécessaires pour décider si la diffusion du carbone à l'intérieur des fontes et aciers se fait avec ou sans l'intervention des gaz occlus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur les anhydrides et les oxydes.* Note de M. **Pierre Camboulives**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'action réductrice et chlorurante du tétrachlorure de carbone vis-à-vis des composés oxygénés des métalloïdes et des métaux a déjà été signalée par de nombreux auteurs.

Meyer (2), Demarçay (3) et Quantin (4) ont seuls donné un assez grand nombre d'indications, sans toutefois fournir une étude complète. Les autres expérimentateurs ont eu surtout en vue une opération isolée telle que la préparation d'un chlorure ou une tentative de séparation analytique [(5) à (9)].

---

(1) Charpy, *Comptes rendus*, juin 1909, p. 1767.

(2) Meyer, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XX, 1887, p. 261.

(3) Demarçay, *Comptes rendus*, t. CIV, 1887, p. 111.

(4) Quantin, *Comptes rendus*, t. CIV, 1887, p. 223; t. CVI, 1888, p. 1074.

(5) Delafontaine et Linebarger, *Journal of the american chemical Society*, 18, 1896, p. 235.

(6) Roy D. Hall et Edgar Smith, *Chemisches Central Blat*, 18, t. II, 1905, p. 1162.

(7) Matignon et Delépine, *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1907, p. 37.

(8) Rosenheim, Samter, Davidshorn, *Zeitschrift für anorg. Chemie*, t. XXXV, 1907, p. 448.

(9) P. Jannasch et Jilke, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XL, 1907, p. 3605 et 3608.

Nous avons pensé qu'il était intéressant de généraliser cette étude qui pouvait ainsi conduire à une méthode pratique de préparation des chlorures métalliques.

Le produit oxygéné placé dans une nacelle était disposé dans un tube en verre de Bohême sur une grille à analyse. Un générateur de vapeurs de tétrachlorure de carbone était relié à ce tube. Après avoir déplacé entièrement l'air de l'appareil par les vapeurs chlorurantes, on élevait progressivement la température en continuant d'envoyer le tétrachlorure de carbone.

Pour chaque corps nous avons déterminé la température à laquelle se produisait l'attaque.

A cet effet, dans le tube de Bohême, aussi près que possible de la nacelle, nous avons disposé une pince thermo-électrique de M. Le Chatelier.

Pour avoir des résultats comparables entre eux, nous avons opéré avec des poudres de même ténuité; cependant ces déterminations ne sont pas susceptibles d'une interprétation rigoureuse et il ne faut y chercher qu'une indication. En effet, deux corps pulvérisés ayant des grains de même grosseur n'ont pas la même porosité. Il est certain que l'alumine provenant de la calcination de l'alun d'ammoniaque est plus poreuse à grain égal qu'un oxyde fondu ou cristallisé pulvérisé.

Le début de l'attaque était révélé :

1° Soit par une incandescence;
2° Soit par un dégagement abondant d'oxychlorure de carbone;
3° Soit par un changement d'aspect du produit;
4° Soit enfin par l'apparition de vapeurs de chlorure volatil.

Les températures d'attaque sont généralement basses et comprises entre 215° et 580°.

Nous avons consigné les résultats obtenus dans le Tableau suivant :

Nature de l'oxyde.	ture d'attaque.	Nature du produit formé.
Anhydride arsénieux.....	365°	Trichlorure
» antimonieux	390	Trichlorure
» antimonique	420	Pentachlorure
» vanadique	490	Tétrachlorure
» niobique	215	Oxychlorure + chlorure
» tantalique	250	Chlorure
» silicique.....	Pas d'attaque	
Zircone.....	400	Chlorure
Anhydride borique.....	Pas d'attaque	
Bioxyde d'étain.....	398	Tétrachlorure

Nature de l'oxyde.	Température d'attaque.	Nature du produit formé.
Anhydride titanique	430°	Chlorure
Oxyde de baryum	330	»
» strontium	310	»
» calcium	310	»
» cérium	350	»
» lanthane	330	»
» néodyme	320	»
» praséodyme	250	»
» samarium	250	»
» thorium	420	Chlorure + oxychlorure
» glucinium	400	Chlorure
» magnésium	390	»
» zinc	400	»
» cadmium	380	»
» aluminium	390	»
» cobalt	550	»
» nickel	550	»
» fer	245	»
» manganèse	400	»
» chrome	580	»
Anhydride molybdique	510	Pentachlorure
» tungstique	560	Oxychlorure
Oxyde d'uranium	360	Tétra- + pentachlorure

On voit que presque toujours le produit est un chlorure et que la formation d'un oxychlorure est en quelque sorte exceptionnelle. C'est mieux qu'un mode de formation, c'est un véritable moyen de préparation des chlorures, notamment pour les chlorures de terres rares, pour ceux de chrome, de nickel, de vanadium et titane, de zirconium, de glucinium, etc.

On peut comparer cette méthode à celles de M. Matignon et de M. Bourion qui utilisent le chlorure de soufre et le chlore ou le chlorure de soufre seul.

Dans toutes ces réactions, il se produit de l'anhydride carbonique, de l'oxychlorure de carbone et, si la température est élevée, du chlore et du chlorure de Julin.

Nous avons également appliqué cette action chlorurante du tétrachlorure de carbone à l'étude de quelques produits minéraux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de quelques alcools aromatiques en acides phosphineux par l'acide hypophosphoreux.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons précédemment établi que les anhydrides d'acides de la série grasse se combinent à deux alcools de la série aromatique (dinaphto- et diphénopyranol) d'une manière surprenante [1].

Au lieu de former des *éthers-sels*

$$>CH-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH^3$$

engendrés par *soudure oxygénée*

$$>CH-OH+H-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH^3=H^2O+>CH-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH^3,$$

ils donnent naissance à de nouveaux *acides*

$$>CH-CH^2-COOH$$

résultant de la *soudure carbonée* des deux radicaux, *pyryl* et *alkyloïque*

$$>CH-OH+H-CH^2-COOH\rightarrow>CH-CH^2-COOH.$$

Non moins curieuse et anormale est l'action exercée par l'acide malonique [2] sur un assez grand nombre d'alcools de la série du di- et du triphénylméthane. Cet acide transforme ces alcools *non en éthers mais en acides* résultant de l'union, *carbone à carbone*, d'un radical d'alcool aux restes monovalents, *propyldioïque* $-CH\begin{cases}CO^2H\\CO^2H\end{cases}$ ou *éthyloïque* $-CH^2CO^2H$:

$$>CH-OH+H-CH\begin{cases}CO^2H\\CO^2H\end{cases}=H^2O+>CH-CH\begin{cases}CO^2H\\CO^2H\end{cases},$$

$$>CH-OH+H-CH\begin{cases}CO^2H\\CO^2H\end{cases}=H^2O+CO^2+>CH-CH^2-CO^2H.$$

---

[1] R. Fosse, *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 59-61.

[2] R. Fosse, *Bul. Soc. chim.*, t. XXXV, 1906, p. 1006; *Bul.*, 4e série, t. III, 1908, p. 1073. — L. Baillon, *Thèse*, Lille, 1909.

De nouveaux exemples de cette singulière *transformation d'alcools en acides, sous l'influence des acides*, nous sont encore offerts par la réaction de l'acide hypophosphoreux sur le *tryphénylcarbinol*, le *dinaphtopyranol* et l'*hydrol de Michler*.

L'oxhydryle mobile de ces alcools s'unit à l'un des 2^{atm} d'hydrogène, non moins mobiles, directement liés au phosphore, de l'acide hypophosphoreux. 1^{mol} d'eau prend naissance et les deux radicaux résultants s'enchaînent, phosphore à carbone :

$$>CH-OH + H-\underset{\underset{O}{|}}{P}<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix} = H^2O + >CH-\underset{\underset{O}{\|}}{P}<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix}.$$

Nous avons ainsi préparé les acides :

Triphénylméthylphosphineux

$$\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}>C-\underset{\underset{O}{\|}}{P}<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix};$$

Dinaphtopyrylphosphineux

$$O<\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}>CH-\underset{\underset{O}{|}}{P}<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix};$$

Hydrylphosphineux

$$(CH^3)^2N\langle\bigcirc\rangle-\underset{\underset{O=P<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix}}{|}}{CH}-\langle\bigcirc\rangle N(CH^3)^2.$$

A cette réaction s'en superpose une autre, ayant pour résultat la réduction d'une partie de l'alcool en carbure correspondant

$$R-OH + H^2 = H^2O + R-H.$$

Le *triphénylméthane*, le *dinaphtopyrane* et le *tétraméthyldiaminodiphenylméthane* se forment ainsi d'après un nouveau procédé.

Tandis que les alcools déjà signalés donnent avec l'acide hypophosphoreux des *produits de substitution*, les aldéhydes et les acétones, au contraire, engendrent avec cet acide des *produits d'addition* (Ville-Marie)

$$-C<\begin{matrix}H\\O\end{matrix} + H^2P<\begin{matrix}O\\OH\end{matrix} \rightarrow -CHOH-\underset{\underset{O}{\|}}{P}<\begin{matrix}H\\OH\end{matrix}.$$

Cette discordance entre alcools et aldéhydes est d'autant plus intéressante que ces deux classes de corps se conduisent, *au point de vue du résultat final*, d'après une analogie frappante, à l'égard soit des anhydrides d'acides, soit de l'acide malonique, pour ne citer que des réactifs conduisant à des synthèses d'acides. Les égalités qui suivent mettent ce parallélisme en évidence.

Condensation des anhydrides d'acides. — 1° Avec les aldéhydes (Réaction de Perkin) :

$$-\overset{\overset{H}{|}}{C}=O+\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>CH-COOCOCH^3 \rightarrow -\overset{\overset{H}{|}}{C}=CH-COOH+CH^3CO^2H;$$

2° Avec les alcools pyranoliques :

$$>\overset{\overset{H}{|}}{C}-OH+H-CH^2-COOCOCH^3 \rightarrow >\overset{\overset{H}{|}}{C}-CH^2-COOH+CH^3CO^2H.$$

Condensation malonique. — 1° Des aldéhydes (Réaction de Claisen) :

$$(A)\quad -\overset{\overset{H}{|}}{C}=O+\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix} \rightarrow H^2O \quad +-\overset{\overset{H}{|}}{C}=C<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix};$$

$$(B)\quad \overset{\overset{H}{|}}{C}=O+\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix} \rightarrow H^2O+CO^2+-\overset{\overset{H}{|}}{C}=CH-CO^2H.$$

2° Des alcools de la série du di- et du triphénylméthane :

$$(A)\quad >\overset{\overset{H}{|}}{C}-OH+H-CH<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix} \rightarrow H^2O \quad +>\overset{\overset{H}{|}}{C}-CH<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix};$$

$$(B)\quad >\overset{\overset{H}{|}}{C}-OH+H-CH<\begin{matrix}CO^2H\\CO^2H\end{matrix} \rightarrow H^2O+CO^2+>\overset{\overset{H}{|}}{C}-CH^2-CO^2H.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le vicianose, nouveau sucre réducteur en* C^{11}. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **G. Weisweiller**, présentée par M. Maquenne.

Nous avons établi antérieurement [1] que le glucoside cyanhydrique découvert par l'un de nous dans les graines d'une vesce sauvage et appelé

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 252.

pour cela *vicianine* (¹), était, comme l'amygdaline, un dérivé du nitrile phénylglycolique gauche. Nous avons ajouté que la vicianine différait du glucoside des amandes amères par la nature du sucre qui est engagé dans sa molécule. Depuis, nous sommes parvenus à séparer ce sucre à l'état pur et cristallisé. C'est un biose réducteur, d'un type nouveau, auquel nous donnerons le nom de *vicianose*. Voici comment nous avons opéré et quels sont les principaux caractères du nouveau sucre.

Dans $3^{l},5$ d'eau distillée, on a dissous 60^{g} de vicianine et 25^{g} d'une préparation diastasique extraite des graines de *Vicia angustifolia*. Après avoir bouché le flacon, on a abandonné le tout dans une étuve à 35°-37°, pendant 6 jours.

Le liquide a été distillé alors dans le vide, jusqu'au volume de 250^{cm^3} environ, auquel on a ajouté 1^{l} d'alcool à 90°. Après un repos de 1 à 2 jours, on a filtré pour séparer la diastase et le glucoside inattaqué, puis on a concentré la solution dans le vide, à consistance de sirop épais, pesant 47^{g}.

Ce sirop a été épuisé, en plusieurs fois, par 7^{l} à 8^{l} d'alcool à $\frac{95}{100}$. Chaque fois, on fluidifiait le sirop sur le bain-marie, par addition de quelques centimètres cubes d'eau, on précipitait par l'alcool ($1^{l},5$ à 2^{l}) versé bouillant, on laissait reposer 24 heures, enfin on décantait le liquide clair surnageant et on le distillait dans le vide.

On a obtenu ainsi plusieurs fractions, dont celles de tête et de queue ont été fractionnées à leur tour d'une manière analogue. Par un repos de plusieurs mois, une des fractions de tête a donné des cristaux qui ont servi pour amorcer toutes les autres, amenées à sirop. La cristallisation a été très lente. Enfin, les sirops se sont pris, les uns en masses dures (les premières), les autres en pâte de consistance mielleuse. On a réuni le tout ensemble, au mortier, puis on a soumis la masse totale à une pression lente et progressive, entre des lits absorbants de papier à filtres. La masse, à peu près sèche, a été broyée avec quelques centimètres cubes d'alcool légèrement étendu, pressée de nouveau et traitée encore deux fois de la même manière. Elle était devenue alors blanche, friable et de saveur douce. Son poids était de $9^{g},6$.

Pour purifier ce vicianose brut, on l'a redissous à chaud dans l'alcool à $\frac{75}{100}$. On a obtenu, par repos du liquide sursaturé et décanté, une belle cristallisation qui, recueillie après plusieurs semaines et desséchée, pesait $5^{g},5$.

Le vicianose ainsi obtenu est en petites aiguilles incolores, de plusieurs millimètres de longueur, groupées en sphères ou réunies en croûtes légères, dont l'aspect rappelle assez bien celui de la mannite.

Il est extrêmement soluble dans l'eau, très peu, au contraire, dans l'alcool fort, même à chaud.

En solution aqueuse, il possède la multirotation. Ainsi, à la concentration de 8 pour 100, il a donné, sous une épaisseur de 30^{cm}, à la température de +20° à +22°,

---

(¹) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 832. Dans cette Note, p. 834, ligne 14, *au lieu de* 0,12 à 0,13 pour 100, *lire* 1,2 à 1,3 et ligne 18, *au lieu de* +160°, *lire* +147-148°.

une déviation de

15 minutes après la mise en dissolution	.....	$+15^{\circ}.8'$
30 » »	.....	$+14.4$
2 heures » »	.....	$+10.40$
4 » »	.....	$+9.44$
6 » »	.....	$+9.35$
22 » »	.....	$+9.32$

A ce moment, le pouvoir rotatoire, devenu invariable, était donc

$$[\alpha]_D = +39^{\circ},72 \qquad (\text{pour } t = +20^{\circ}).$$

Le vicianose fond, au bloc Maquenne, d'une façon peu précise, vers $+210^{\circ}$. D'après l'analyse élémentaire, il répond à la formule $C^{11}H^{20}O^{10}$:

	Trouvé.		Calculé.
Carbone	42,15	42,07	42,31
Hydrogène	6,67	6,58	6,41

La détermination du point de congélation, pris comparativement avec des solutions de vicianose et de sucre ordinaire ayant à très peu près la même concentration (6 pour 100 environ), indique assez bien, d'ailleurs, qu'on est en présence d'un biose de poids moléculaire correspondant à la formule ci-dessus. On a trouvé, avec le vicianose : PM = 279,5 et avec le sucre ordinaire : PM = 300,9. Ces chiffres sont notablement inférieurs aux chiffres théoriques, mais on sait que les saccharoses donnent des abaissements anormaux conduisant, par le calcul, à des poids moléculaires trop faibles.

Le pouvoir réducteur, déterminé en suivant la technique exposée par l'un de nous [1], montre que le vicianose précipite un peu plus de cuivre que le maltose. Ainsi :

20^{mg} de vicianose précipitent	.....	$23,8^{mg}$	de cuivre
40 »	.....	46,8	»
50 »	.....	60,4	»
60 »	.....	70,1	»
70 »	.....	81,4	»
80 »	.....	95,1	»

Le vicianose possède une saveur légèrement sucrée. Il n'est pas attaqué par la levure de boulangerie après 2 jours de contact.

Le vicianose est le premier biose défini qu'on ait réussi à préparer par hydrolyse diastasique d'un glucoside.

---

(1) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 1285.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'alcool butylique secondaire avec son dérivé sodé.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. A. Haller.

Les alcools isopropylique C^3H^8O et caprylique $C^7H^{16}O$, chauffés vers 200° avec leurs dérivés sodés, donnent naissance, ainsi que je l'ai montré (*Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 129), à des alcools deux et trois fois plus condensés : les alcools diisopropylique $C^6H^{14}O$, triisopropylique $C^9H^{20}O$ pour le premier, dicaprylique $C^{14}H^{30}O$, tricaprylique $C^{21}H^{44}O$ pour le second. Je viens montrer aujourd'hui que cette réaction paraît générale pour les alcools secondaires en l'appliquant à la condensation de l'alcool butylique secondaire avec son dérivé sodé.

Elle se réalise suivant l'équation

$$C^nH^{2n+1}OH + C^mH^{2m+1}ONa = NaOH + C^{m+n}H^{2(m+n)+1}OH.$$

La soude ainsi formée oxyde ensuite une petite partie des alcools présents dans le mélange en scindant chacun d'eux en deux acides.

L'alcool butylique secondaire $C^4H^{10}O$ fournit les alcools dibutylique $C^8H^{18}O$ et tributylique $C^{12}H^{26}O$, en même temps qu'un peu d'acides formique et propionique.

L'étude de la constitution des alcools ainsi produits nous montrera de quelle manière se réalise l'enchaînement des deux molécules réagissantes.

L'alcool butylique secondaire, préparé par la méthode de Grignard, au moyen de l'éthanal et du bromure d'éthylemagnésium, a été desséché en le distillant deux fois sur la baryte caustique. Il bouillait à 98°-101°. Pour le faire réagir sur son dérivé sodé, il a été préparé une série de tubes scellés renfermant chacun le produit de la réaction de $1^g,50$ de sodium sur 20^g d'alcool; puis on a chauffé ces tubes durant 24 heures entre 200° et 220°. A leur ouverture, on a constaté une assez forte pression due à de l'hydrogène. Leur contenu a été traité comme il a été dit déjà (*loc. cit.*) à propos de la préparation de l'alcool diisopropylique et l'on a obtenu d'une part une solution aqueuse contenant les sels de potasse des acides formés, d'autre part un mélange d'alcools que l'on a séparés par distillation fractionnée. On a d'abord recueilli de l'alcool butylique secondaire inaltéré, qui forme la plus grande partie de ce mélange, puis deux autres alcools bouillant l'un à 167°-169° (corr.), l'autre entre 250° et 255° (corr.). Nous verrons plus loin que le premier est l'alcool dibutylique secondaire et le second l'alcool tributylique secondaire.

La solution aqueuse, renfermant les sels des acides formés, a été acidulée par l'acide sulfurique, puis soumise à la distillation. Le distillat, saturé par le carbonate de baryte, a donné les réactions de l'acide formique. Après destruction de cet acide par

le mélange chromique et après élimination du chrome, ce même distillat a été saturé par le carbonate de baryte et l'on a obtenu un sel présentant les caractères et la teneur en baryum du propionate de baryte.

Alcool dibutylique secondaire ou méthyl-3-heptanol-5. — L'alcool bouillant à 167°-169° (corr.) répond à la formule $C^8H^{18}O$ et nous verrons plus loin qu'il doit être considéré comme le méthyl-3-heptanol-5

$$CH^3 - CH^2 - CH(CH^3) - CH^2 - CH^2 - CHOH - CH^3,$$

qui n'avait pas encore été obtenu jusqu'ici.

Cet alcool est un liquide incolore, d'odeur forte rappelant la menthe; sa densité à 0° est 0,8493. Il est à peine soluble dans l'eau.

Son éther acétique $C^2H^3O^2C^8H^{17}$ est un liquide incolore, d'odeur agréable, bouillant à 183°-185° (corr.).

Acétone dibutylique ou méthyl-3-heptanone-5. — L'alcool dibutylique secondaire, oxydé par le mélange chromique, donne l'acétone correspondante de formule $C^8H^{16}O$. C'est un liquide incolore, bouillant à 161° (corr.), dont l'odeur rappelle un peu la menthe. Elle est à peu près insoluble dans l'eau et ne se combine pas au bisulfite de soude.

Sa semicarbazone $C^8H^{16} = Az - AzH - CO - AzH^2$ cristallise dans l'alcool en fines aiguilles incolores, fusibles à 96°, presque insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et l'éther.

Alcool tributylique secondaire. — L'alcool bouillant à 250°-255° (corr.) répond à la formule $C^{12}H^{26}O$. C'est un liquide incolore, huileux, d'odeur forte et agréable. Oxydé par le mélange chromique, il se transforme en acétone correspondante, l'acétone tributylique $C^{12}H^{24}O$, liquide incolore, huileux, d'odeur forte rappelant la menthe, bouillant à 247°-248° (corr.).

La semicarbazone de cette acétone cristallise dans l'alcool en aiguilles incolores fusibles à 161°-162°; elle répond à la formule

$$C^{12}H^{24} = Az - AzH - CO - AzH^2.$$

Constitution de l'alcool dibutylique secondaire. — Pour connaître la constitution de l'alcool dibutylique secondaire et de l'acétone correspondante, on a oxydé cette dernière par le mélange chromique en employant une proportion de ce mélange un peu plus grande qu'il n'est nécessaire pour dégager 3^{at} d'oxygène pour 1^{mol} d'acétone. Les acides formés ont été séparés en mettant à profit le fait que, dans la distillation d'une solution aqueuse d'acides gras volatils, ces acides passent d'autant plus tôt qu'ils sont plus élevés dans la série (Fitz, *Berichte der deutsch. chem. Ges.*, t. XI,

p. 46, et Hecht, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. CCIX, p. 319). Les acides, séparés ainsi par plusieurs distillations fractionnées, ont été transformés en sels de baryum et identifiés par le dosage du métal qu'ils renferment. On a pu voir ainsi que l'oxydation de l'acétone dibutylique a fourni surtout de l'acide acétique et un acide hexylique, en même temps qu'un peu d'acide propionique et d'un acide valérianique. On peut en déduire que l'acétone dibutylique possède la constitution de la méthyl-3-heptanone-5

$$CH^3 - CH^2 - CH(CH^3) - CH^2 - CO - CH^2 - CH^3.$$

La constitution de l'alcool dibutylique peut donc être représentée par la formule

$$CH^3 - CH^2 - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - CH^2 - CH^3.$$

et l'on peut conclure que l'enchaînement des 2^{mol} d'alcool butylique secondaire $CH^3 - CH^2 - CHOH - CH^3$, qui l'ont engendré, s'est faite par le groupe méthyle voisin du groupement fonctionnel.

Un fait analogue avait déjà été observé dans la formation de l'alcool triisopropylique $(CH^3)^2 = CH - CH^2 - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - CH^3$ aux dépens des alcools isopropylique $(CH^3)^2 = CHOH$ et diisopropylique $CH^3 - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - CH^3$ (*loc. cit.*).

MINÉRALOGIE. — *Sur la reproduction synthétique du saphir par la méthode de fusion.* Note de M. A. Verneuil, présentée par M. A. Lacroix.

Il est admis, depuis les résultats obtenus par Sainte-Claire Deville et Caron [1], que le saphir oriental doit sa belle couleur bleue à la présence d'une petite quantité d'oxyde de chrome à un degré d'oxydation inférieur à celui du sesquioxyde.

La production simultanée, dans quelques-unes de leurs expériences, de cristaux de rubis et de corindon coloré en bleu, a amené ces savants à conclure, d'une manière du reste très dubitative, que la différence qui existe entre la coloration du rubis et celle du saphir réside soit dans les proportions de l'oxyde de chrome, soit peut-être aussi dans l'état d'oxydation du chrome.

Depuis lors les essais synthétiques n'ont pas permis de réaliser cette colo-

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. V, 1865, p. 108, et *Comptes rendus*, t. XLVI, 1858, p. 765.

ration bleue à l'aide de l'oxyde de chrome et des réducteurs. La méthode de Fremy et Verneuil qui se prête particulièrement bien à ces expériences, n'a jamais donné de cristaux de saphir, lorsqu'on a ajouté, au noyau ou à la brasque, des doses variables de carbone, pour créer une atmosphère réductrice, et, au cours des nombreux essais entrepris dans cette voie, on n'a jamais obtenu que du rubis plus ou moins pâle, ou du corindon incolore, suivant que la réduction a été plus ou moins totale.

Au contraire, des essais analogues dans lesquels le peroxyde de fer remplaçait le sesquioxyde de chrome, ont fourni, en milieu réducteur, des cristaux colorés en bleu sombre prenant une teinte noire foncée à la lumière artificielle. Cette coloration par un oxyde inférieur du fer paraît répondre à celle des saphirs de faible valeur commerciale, tels que ceux qu'on trouve dans certaines parties de l'Australie.

Bien que le colonel Caron ait montré que la flamme du chalumeau oxhydrique présente des propriétés réductrices, elles ne sont pas suffisantes pour réduire notablement le sesquioxyde de fer ; c'est dire que l'alumine fondue avec quelques centièmes de cet oxyde ne présente qu'une faible coloration jaune, la majeure partie de ce colorant étant rejetée à la surface de la masse fondue sous la forme d'une couche ocreuse.

Les résultats obtenus en employant l'oxyde de fer magnétique sont à peu près identiques, bien qu'une coloration grisâtre indique que l'oxydation n'a pas été rigoureusement complète dans la flamme du chalumeau. On ne peut donc pas obtenir, par la méthode de fusion au chalumeau oxhydrique, un saphir coloré par l'oxyde de fer au minimum.

Mais si l'on fait intervenir une petite quantité d'acide titanique, en même temps que l'oxyde salin de fer, la réduction de cet acide à l'état d'oxyde de titane peut devenir suffisante et demeurer telle, dans la flamme du chalumeau, pour permettre la fusion, ainsi que l'affinage et développer une belle coloration bleue identique à celle du saphir.

Les proportions du colorant doivent évidemment varier dans certaines limites, en raison du temps pendant lequel le mélange est soumis à l'action de la flamme, pour obtenir sa fusion ; elles doivent donc être fixées d'après ces conditions de fusion.

Les ovoïdes fondus, d'une belle couleur de saphir, que je présente aujourd'hui à l'Académie, ont été obtenus avec de l'alumine additionnée de 1,5 pour 100 d'oxyde magnétique de fer et $\frac{5}{1000}$ d'acide titanique.

Ce saphir de fusion, dont la fabrication présente encore de grandes difficultés, renferme donc 98 pour 100 d'alumine. M. Wyrouboff, qui a bien

voulu examiner ces masses au point de vue cristallographique, leur a trouvé les mêmes propriétés que celles qu'il a constatées autrefois dans le rubis de fusion. Elles sont constituées par un cristal unique, uniaxe, négatif, peu biréfringent; ayant, par conséquent, les propriétés optiques du saphir naturel.

Leur composition et leur constitution cristalline entraînent évidemment l'identité de leurs autres propriétés avec celles que possède le saphir.

La coloration du saphir par l'oxyde de titane, mise déjà en évidence par Gintl [1] dans ses essais industriels sur le traitement de la bauxite au four électrique paraît, après cette réalisation par fusion au chalumeau oxhydrique, aussi conforme aux faits établis que l'attribution qui en a été faite exclusivement à l'oxyde inférieur du chrome.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet, il me paraît donc très vraisemblable d'admettre à côté du saphir coloré par l'oxyde de chrome, suivant l'opinion de Deville et Caron, un saphir coloré par les oxydes de fer et de titane.

La répétition des expériences de Deville et Caron ainsi que les recherches analytiques que je poursuis actuellement, viendront bientôt, je l'espère, confirmer cette manière de voir.

ZOOLOGIE. — *Anomalies et variations spontanées chez des oiseaux domestiques.* Note de M. A. **Conte**, présentée par M. Edmond Perrier.

On a constaté chez un certain nombre d'animaux des anomalies qui sont les reproductions de caractères ethniques présents d'une façon constante chez des individus d'espèces voisines ou éloignées. Tel est le cas des mésanges à becs croisés qui reproduisent par cette variation accidentelle le caractère si particulier du *Loxia curvirostra*.

Ce dernier caractère se rencontre également quelquefois dans les races de poules; j'en ai observé deux cas.

Les poussins à becs croisés ne sont pas viables dans les conditions habituelles d'élevage : ils sont incapables de prendre leur nourriture; pour les conserver il faut les nourrir à la main, c'est ce que j'ai fait pour l'un d'eux. C'était un coq, hybride de races Padoue et Houdan; à l'âge de 8 mois il ne montrait encore aucun attribut sexuel par suite, sans doute, des conditions très défavorables de son alimentation; à la dissection j'ai constaté que ses testicules étaient tout à fait rudimentaires.

---

[1] *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1901, p. 1173.

D'une enquête que j'ai faite il résulte que le croisement du bec n'est pas une anomalie très rare chez les poussins à l'éclosion. Aucune race de poules à bec croisé ne s'est encore constituée : la nature même de ce caractère empêchant l'alimentation est un premier obstacle; néanmoins la fréquence de l'anomalie est en faveur d'une semblable création. C'est ainsi que dans d'autres groupes on voit une race de chiens braques et une race de chats sans queue résulter de la fixation récente d'un caractère qui apparaît assez souvent à l'état isolé dans les différentes races.

Les anomalies de même que les variations spontanées ont en général une origine que nous ignorons. J'ai eu l'occasion d'étudier dernièrement une poule présentant une anomalie qui permet d'interpréter une variation spontanée bien connue : le fanon sous-œsophagien de l'oie toulousaine. On sait que cette race d'oie présente un fanon sous-abdominal et, d'une façon moins régulière d'ailleurs, un fanon sous-œsophagien.

La poule étudiée, parfaitement adulte et pondant des œufs, présentait sous le thorax un énorme repli cutané intéressant près des deux tiers de la longueur du corps; en arrière, sous l'abdomen, un autre repli plus petit. L'oiseau venant de manger, le repli sous-thoracique est entièrement occupé par le jabot dilaté et a l'aspect d'une grosse tumeur. Les téguments de ce repli, au lieu d'offrir la minceur caractéristique des téguments d'oiseaux, sont fortement épaissis : le derme a pris un développement inaccoutumé et s'est chargé de graisse : structure qui rappelle bien celle acquise par le fanon de l'oie de Toulouse.

Cette observation montre qu'une hypertrophie du jabot a entraîné, chez cette poule, le développement exagéré des téguments sous-jacents et la formation d'un fanon dont la paroi s'est épaissie pour résister au poids de ce jabot qui, à l'état de pléthore, pesait 338^g. Le fanon, caractère accidentel chez cette poule, est très nettement lié à un développement exagéré de la portion antérieure du tube digestif. Si l'on rapproche ces faits de ce qu'on sait de l'oie toulousaine on voit que cette race, d'abord sans fanon, a été longtemps sélectionnée au point de vue de l'engraissement et soumise par suite à une alimentation intensive; de là une gymnastique fonctionnelle de l'appareil digestif qui a nécessairement retenti sur ses dimensions. Ce retentissement a eu pour conséquence une pesée plus grande de la masse intestinale sur la paroi ventrale du corps ; celle-ci, soutenue sur sa plus grande partie par les côtes, n'a pu céder qu'en deux régions : la région préthoracique correspondant au jabot et la région sous-abdominale correspondant à l'intestin. De là, comme dans la poule observée, la formation de replis tégumentaires ou fanons dans les régions de moindre résis-

tance. L'homologie de ces formations, dans les deux cas, est encore accrue du fait de l'hypertrophie du derme qui, chez l'oie de Toulouse, devient un centre de dépôts adipeux comme il l'est à un degré moindre dans la poule que j'ai décrite.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'accoutumance des bactéries aux antiseptiques.* Note de M. **Louis Massou**, présentée par M. Guignard.

On sait que les bactéries, soumises à l'action de quantités croissantes d'une substance antiseptique, peuvent acquérir la faculté de supporter des doses qui se montrent nocives pour les mêmes espèces non acclimatées.

On pouvait se demander si les races ainsi adaptées présentent un certain degré de fixité : une longue série d'expériences entreprises sur un petit nombre d'espèces à l'aide de quelques substances antiseptiques nous permet de donner une réponse à cette question.

Quatre substances chimiques, la résorcine, l'acide salicylique, le sulfate de cuivre et le bichlorure de mercure, qui présentent, à des degrés divers, des propriétés antiseptiques vis-à-vis des bactéries, ont été essayées sur le *Bacillus pyocyaneus*, le *Bacillus subtilis* et le *Bacillus anthracis*.

Pour chaque espèce, on a déterminé la dose infertilisante de chaque substance à la fin d'une série de repiquages en milieu nutritif additionné de quantités croissantes d'antiseptiques.

La première semence d'une seconde série de repiquages était empruntée à la dernière culture fertile de la série précédente et devenait ainsi, après un passage en milieu normal, l'origine d'un essai en tout semblable au précédent. On déterminait de la sorte une nouvelle dose infertilisante correspondant à cette semence déjà plus résistante que la semence initiale.

Les chiffres du Tableau suivant expriment les résultats obtenus. Chacune des lignes horizontales comprend, en grammes par litre, les doses infertilisantes successives obtenues au cours de l'adaptation; les semences ou races, qui diffèrent entre elles par les doses infertilisantes qui leur correspondent, sont représentées par les lettres N, A, B, C, etc., la lettre N désignant la semence initiale ou race normale.

L'examen de ces chiffres (qu'on pourrait avantageusement traduire en graphiques d'une lecture plus facile) montre que la dose infertilisante, mesure de l'accoutumance de la bactérie à la substance antiseptique considérée, passe par des variations qui sont comparables entre elles pour chaque espèce et chaque antiseptique. La bactérie, en s'adaptant progressivement à des doses nocives de plus en plus élevées, atteint un degré de résistance

qu'elle ne peut dépasser et qui est suivi d'une chute assez rapide : elle perd la faculté de résistance acquise tout d'abord et peut même, dans certains cas, prendre une sensibilité plus grande que celle qui caractérise son état initial. En d'autres termes, l'accoutumance des bactéries à des doses croissantes d'antiseptique est un phénomène temporaire. La propriété acquise est toujours suivie d'un retour à la résistance initiale et normale. C'est un exemple de résistance de l'espèce à la variation.

Il est important de noter que l'accoutumance se fait par étapes qui ne sont franchies qu'à la condition de laisser la bactérie reprendre, pour un temps, sa vie en milieu normal avant de subir de nouveau l'action nocive à laquelle elle s'adaptera plus avant.

Bacillus subtilis.

	N.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.
Résorcine	4,02	4,92	5,61	5,40	6,41	5,93	5,40	3,97	
Acide salicylique	0,68	1,04	1,20	1,71	2,05	1,44	1,44	1,44	1,04
Sulfate de cuivre	0,53	0,63	0,63	0,42	0,53	0,74	0,74	0,74	0,74
Bichlorure de mercure	0,07	0,11	0,22	0,30	0,44	0,93	0,93	0,59	0,05

Bacillus anthracis.

Résorcine	0,45	0,53	0,31	0,53	0,74	0,79	0,63	0,63	0,53
Acide salicylique	0,44	1,02	0,74	0,74	1,00	1,00	1,00	1,00	
Sulfate de cuivre	0,44	0,53	0,63	0,63	0,63	0,79	0,79	0,26	0,05
Bichlorure de mercure	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		

Bacillus pyocyaneus.

Résorcine	3,00	3,45	3,97	3,97	4,98	2,98	2,98	2,98	
Acide salicylique	1,02	1,20	1,44	1,44	1,44	1,71	0,69	0,69	0,69
Sulfate de cuivre	1,71	2,01	2,27	2,27	2,27	2,01	1,48	1,48	1,48
Bichlorure de mercure	0,28	0,36	0,64	0,64	0,93	0,51	0,18	0,18	0,18

Les ensemencements pratiqués en séries dans des milieux progressivement enrichis en substance antiseptique se montrent régulièrement fertiles quand la semence est prélevée, dès l'apparition du développement, dans les milieux peu nocifs au début; à mesure que la dose nocive augmente, il faut un plus long contact avec l'antiseptique pour que la semence prélevée devienne capable de se développer en s'adaptant aux doses supérieures. Le retard dans la fertilité des semences peut atteindre ainsi 5 ou 6 jours. Pour les bactéries sporifères comme le *Bacillus subtilis* et le *B. anthracis*, ce délai correspond à la sporulation; pour le *B. pyocyaneus*, il correspond à l'apparition des formes coccoïdes plus résistantes qu'on peut considérer comme des arthrospores.

La spore, ou la forme durable qui en tient lieu, semble donc jouer un rôle important dans la transmission des propriétés acquises et, en particulier, des variations de résistance aux antiseptiques. On sait depuis longtemps que l'atténuation de virulence, chez la Bactéridie charbonneuse, peut se transmettre de la même façon.

M. H. Tranié adresse un *Traité technique et pratique des irrigations.*

(Renvoi à l'examen de MM. Boussinesq et Léauté.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 3 janvier 1910.

Collection de dessins publiés ou inédits, exécutés entre 1854 *et* 1873 *par* Alfred Riocreux, *sous la direction de* Gustave Thuret; 130 planches contenues dans trois cartons in-f° : 1er carton, pl. 1 à 43; 2e carton, pl. 44 à 96; 3e carton, pl. 97 à 130. (Don de M. E. Bornet.)

Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames, par Gustave Thuret, Paris, imprimerie de L. Martinet, 1851; 1 vol. in-8°. [On lit sur la page de garde de ce Volume : « Exemplaire unique, renfermant deux séries de figures, les unes en noir avant la lettre, les autres coloriées, par Riocreux, d'après les dessins originaux. Gustave Thuret. » (Don de M. E. Bornet.)

Sternkunde und Sterndienst in Babel. Assyriologische, astronomische und astral-mythologische Untersuchungen, von Franz Xaver Kugler S. J. Buch I : *Natur, Mythus und Geschichte als Grundlagen babylonischer Zeitordnung nebst eingehenden Untersuchungen der älteren Sternkunde und Meteorologie;* Teil I, mit 2 Figuren-Tafeln. Munster, 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Missions scientifiques pour la mesure d'un arc de méridien au Spitzberg, entreprises en 1899-1901, sous les auspices des Gouvernements russes et suédois : *Mission russe;* Tome I : *Géodésie*, 2e section : *Travaux aux diverses stations.* B : *Observa-*

tions de A.-S. Wassiliew. — 1. *Cap Lee*. Saint-Pétersbourg, Imprimerie de l'Académie impériale des Sciences, 1909; 1 vol. in-4°.

Klimatographie von Österreich. IV : *Klimatographie von Tirol und Vorarlberg*, von Dr H. v. Ficker; mit zoo- und phytobiologischen Beiträgen, von Prof. K.-W. von Dalla Torre. Vienne, 1909; 1 vol. in-4°.

Jaarboek van het Department van Landbouw in Nederlandsch-Indië, 1908. Batavia, 1909; 1 vol. in-4°.

Catalogue of Canadian Birds, by John Macoun and James-M. Macoun. (Canada Department of Mines. Geological Survey Branch, n° 973.) Ottawa, 1909; 1 vol. in-8°.

Anuario del Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, para el año de 1910, formado bajo la direccion del Ingeniero Felipe Valle; año XXX. Mexico, 1909; 1 vol. in-12.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 janvier 1910.

M. W. Kilian fait hommage à l'Académie de divers travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie du sud-ouest de la France et des Iles Seymour et Snow-Hill (Expédition du Dr Otto Nordenskjöld au pôle Sud, 1901-1903). Plusieurs de ces travaux ont été publiés en collaboration avec MM. Termier, M. Boule, Ch. Depéret, Ém. Haug, Jules Lambert, P. Reboul. 1908-1909; 1 fasc. in-4° et 8 fasc. in-8°.

Annales du Bureau central météorologique de France, publiées par M. A. Angot : Année 1905, I : *Mémoires;* année 1907, II : *Observations*. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 2 vol. in-4°.

Neuvième Congrès international de Géographie. Genève, 27 juillet-6 août 1908. *Compte rendu du Congrès*, publié par Arthur Claparède; t. I, avec 5 planches hors texte et 15 figures dans le texte : 1. *Organisation du Congrès;* 2. *Travaux scientifiques*. Genève, 1909; 1 vol. in-8°.

Souvenir de l'excursion des touristes français venus en Roumanie à l'occasion de la croisière de l'Ile-de-France *du* 23 *au* 29 *septembre* 1909; Compte rendu fait par le Secrétariat de l'Association roumaine pour l'avancement des Sciences. Bucarest, Socec et Cie, 1909; 1 fasc. in-f°. (Offert par M. C.-J. Istrati.)

Collectio nominum Brotherianorum et indicis bryologici, auctore E.-G. Paris. 1 fasc. in-8°. (Pour le Concours du prix Montagne.)

Influence de l'intensité maximum du courant sur le spectre de la décharge oscillante, par Paul Joye. Fribourg (Suisse), imp. Fragnière frères, 1909; 1 vol. in-8°. (Transmis par M. de Kowalski. Hommage de l'auteur.)

Alternating-current spark potentials and their relation to the radius of the curvature of electrodes, by Joseph de Kowalski. (Extr. de *Philosophical Magazine*, novembre 1909.) 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Memoirs and proceedings of the Manchester litterary and philosophical Society, 1909-1910; t. LIV, part I. Manchester, 1909; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JANVIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Johannesburg.* Note de M. CH. ANDRÉ.

Dans la soirée du 21 janvier ($5^h 20^m$), et par une courte éclaircie, M. Guillaume a pu voir la comète de Johannesburg. Elle était très brillante, son noyau ayant un éclat un peu supérieur à celui d'Arcturus. Entourant d'abord le noyau en lignes paraboliques concentriques, les rayons formant la queue se développaient bientôt en droites sensiblement parallèles s'étendant sur une longueur de 6° à 7°.

M. R. ZEILLER fait hommage à l'Académie d'une *Notice sur M. P. Fliche, sa vie et ses travaux.*

RAPPORTS.

La Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1000000}$, par M. ALFRED GRANDIDIER.

La diversité des échelles et des mesures adoptées dans les Cartes que publient les divers pays présente de grands inconvénients pour les savants comme pour le public, et il est vraiment fâcheux de voir tant de travail et de dépenses consacrés à des œuvres sans cohésion et qui font double emploi. L'utilité d'une uniformité aussi complète que possible, surtout en ce qui regarde l'échelle, la projection et les unités géographiques, est évidente, et

il n'est pas douteux qu'une Carte de la Terre à grande échelle exécutée dans ces conditions serait non seulement un précieux instrument, aussi utile à la Science qu'au commerce et à la civilisation, mais contribuerait, ce qui est fort désirable, à l'admission générale d'un méridien initial et de mesures, de signes conventionnels et d'une orthographe de noms de lieux uniformes.

Au Congrès de Géographie qui s'est tenu à Vienne en 1891, M. le professeur Penck, frappé de l'intérêt que présente une œuvre semblable, a émis le vœu que tous les gouvernements s'entendissent pour établir une Carte de la Terre à l'échelle de $\frac{1}{1000000}$ et suivant le même système de projection, de sorte que les feuilles, de quelque source qu'elles proviennent, puissent se juxtaposer, et que les déformations que subit toute surface sphérique projetée sur un plan soient réduites à un minimum négligeable dans la pratique, minimum résultant de la grandeur même de l'échelle. Sur la sphère ou ellipsoïde terrestre dont il s'agirait de développer la surface et qui a une circonférence de 40^m et un diamètre moyen de $12^m,735$, des sections restreintes paraissent plates, de sorte que le partage de la surface terrestre en sections ou facettes se rapproche plus d'un développement que d'une projection proprement dite.

Ce projet a peu à peu reçu l'approbation de tous les géographes qui, tous, ont admis le grand intérêt d'une coopération internationale uniforme pour l'établissement et la confection d'une Carte de la Terre à $\frac{1}{1000000}$, et en 1895, au Congrès de Géographie de Londres, il a été émis le vœu que les États patronnassent cette œuvre et qu'on adoptât le système métrique et le méridien de Greenwich, ainsi que la projection polyconique, chaque feuille devant être construite indépendamment sur son méridien central : en se prêtant à cet accord international, les délégués français, dont j'avais l'honneur de faire partie, ont cru agir conformément à l'intérêt scientifique général et, en même temps, bien servir la cause de la Science française.

Toutefois, pendant plusieurs années, ces vœux sont restés à l'état platonique, et l'on pouvait désespérer de voir ce projet aboutir, lorsqu'en 1897 la France a ouvert la voie. En effet, lorsque la guerre de Cuba, lorsque les troubles survenus en Perse et la révolte des Boxers en Chine appelèrent l'attention des militaires sur ces pays lointains, le Service géographique de notre armée, qui depuis plusieurs années étudiait la question dont elle avait reconnu toute l'importance, se mit à l'œuvre et commença de suite la publication d'une série de Cartes de ces divers pays, à l'échelle uniforme de $\frac{1}{1000000}$ et en feuilles de 4° de latitude sur 6° de longitude, limitées par des parallèles et des méridiens, conformément à la proposition de M. Penck :

celles de l'Asie orientale (Empire chinois, Asie russe, Corée, Japon, etc.) et de l'Asie centrale (Perse, Afghanistan, frontières anglo-russes, etc.), commencées en 1897, ont été très utiles au cours des événements qui se sont passés en Extrême-Orient pendant ces dernières années : lors de la révolte des Boxers, toutes les nations durent, en effet, recourir à la Carte française, et cette même Carte a servi aux Russes pendant leur guerre avec le Japon. Notre Service géographique a publié en même temps, en 1898, les premières feuilles d'une Carte de l'Europe, toujours à $\frac{1}{1000000}$, feuilles consacrées à la frontière austro-russe, ainsi que onze représentant Cuba et les Antilles.

Au lendemain de la guerre des Boxers, en 1901, le Service géographique prussien s'est mis à son tour à l'œuvre et, en 1904, époque à laquelle nous avions déjà fait 120 feuilles de la Carte à $\frac{1}{1000000}$, a commencé à publier les premières feuilles de la Chine orientale, conçues et exécutées comme les nôtres, de manière à pouvoir servir à la confection d'une Carte générale de la Terre. L'Angleterre a, de son côté, entrepris la publication d'une Carte partielle d'Afrique à la même échelle de $\frac{1}{1000000}$, qui doit comprendre 132 feuilles, limitées également par des parallèles et des méridiens. L'Autriche-Hongrie et l'Italie ont aussi suivi notre exemple.

Ces diverses publications constituent un progrès considérable au point de vue géographique; malheureusement, l'uniformité n'est pas complète, car, si elle existe au point de vue de l'échelle et à peu près au point de vue de la limitation des feuilles, les Anglais et les Français ne comptent pas les latitudes comme les Allemands, et une grande variété règne en ce qui concerne les méridiens, de sorte que leurs feuilles ne peuvent se joindre ; il y a aussi des différences dans les signes conventionnels, dans les mesures d'altitudes, le mode d'écriture, l'orthographe des noms. Ces inconvénients, très réels, ont amené le Congrès de Géographie tenu à Genève en 1908 à exprimer le vœu qu'un Comité international se réunît à Londres en 1909, pour y discuter la motion suivante : « Il est désirable qu'une série uniforme de symboles et de signes conventionnels soit adoptée par toutes les nations pour être employée sur la Carte de la Terre à $\frac{1}{1000000}$ et que les limites des feuilles soient uniformes. »

Onze États ont répondu à cet appel, et envoyé des délégués à ce Comité qui a tenu ses séances au Foreign Office, à Londres, en novembre dernier : les délégués français étaient MM. Vidal de la Blache, de l'Institut, Ch. Lallemand, directeur du Nivellement général de la France, le commandant Pollachi, du Service géographique de l'armée, et Beurdeley, sous-

chef du Service géographique au Ministère des Colonies. Les résolutions prises et votées par ce Comité n'ayant pas encore été officiellement publiées (¹), j'en dois la connaissance à M. le commandant Pollachi qui a bien voulu me communiquer les Notes qu'il a prises au cours du Congrès, ce dont je le remercie.

Le vœu du Congrès de Genève a été, dès le début, adopté à l'unanimité, et une Sous-Commission a arrêté la série uniforme des signes conventionnels qui devront être employés sur la Carte à $\frac{1}{1000000}$.

La limite des feuilles a été fixée, comme celles des feuilles déjà publiées par la France, à une superficie de 4° en latitude et de 6° en longitude, comptés à partir du méridien de Greenwich, ce qui donnerait un total de 2700 feuilles, couvrant une surface de 191^{m^2}, mais ce nombre sera sensiblement réduit, car, au-dessus de 60° de latitude, on réunira ensemble deux ou plusieurs feuilles de la même zone, la feuille unique embrassant 12°, 18° ou 24° de longitude.

A l'échelle dont il s'agit, les divers modes de projection sont à peu près équivalents; comme il est important, avant tout, d'en avoir un qui facilite la construction de la Carte et permette d'assembler exactement les feuilles contiguës, on a adopté la projection polyconique modifiée avec des méridiens rectilignes, qui satisfait à cette double condition. Chaque feuille sera donc établie indépendamment sur son méridien central. C'est M. Lallemand qui a présidé, avec une grande autorité, la Sous-Commission qui a élaboré ce programme.

Les zones d'altitudes comme les fonds sous-marins sont indiqués par un système de teintes variées; les courbes de niveau normales seront tracées à l'équidistance verticale de 100^m dans les régions montagneuses : elles pourront être tracées à de plus larges intervalles pourvu qu'elles soient espacées à 200^m, 500^m ou 1000^m d'intervalle; dans les contrées très plates, au contraire, des courbes intermédiaires pourront être insérées, pourvu qu'elles soient tracées à des intervalles de 10^m, 20^m ou 50^m. Pour les régions insuffisamment connues, le relief approximatif sera indiqué par des courbes en traits discontinus et par la série des teintes correspondant aux altitudes.

Les altitudes seront cotées en mètres (mais on pourra y ajouter les hauteurs en pieds ou toute autre unité de mesure nationale). Le niveau initial des

---

(¹) Le numéro de *La Géographie* du 15 décembre 1909, qui a été distribué dans la journée du 24 janvier 1910, et que j'ai trouvé en rentrant de l'Institut, contient ces résolutions.

altitudes et des profondeurs de la mer sera le niveau moyen déterminé dans chaque pays au moyen d'observations faites par lui sur ses côtes.

Les écritures seront établies en caractères latins. Dans tout pays faisant usage de l'alphabet latin, l'orthographe usitée dans ce pays sera adoptée pour tout nom de lieu, et, pour les colonies, on prendra le mode de transcription en caractères latins usité dans le pays dont elles relèvent. Une légende explicative indiquera, à propos des noms contenus dans la feuille, les lettres latines dont l'emploi est nécessaire pour exprimer les sons de la langue usitée dans cette feuille. Il est désirable que les gouvernements européens et extra-européens, qui n'usent pas de l'alphabet latin, publient un système autorisé de transcription. Pour les noms chinois, japonais, turcs, persans, etc., la transcription adoptée sera celle en usage dans le service des postes et des douanes.

Pour les signes conventionnels et les écritures, c'est le Tableau de notre service géographique qui a été adopté avec quelques additions; les noms se rapportant à l'hydrographie et ceux des voies de communication seront écrits en lettres penchées; les autres noms seront en lettres droites; les altitudes seront indiquées par des chiffres droits et les profondeurs par des chiffres penchés.

En résumé, le Comité a arrêté toutes les indications nécessaires à l'établissement de la Carte internationale de la Terre, à $\frac{1}{1000000}$, œuvre colossale qui exigera le travail de nombreux collaborateurs et coûtera cher : il a été calculé en effet qu'elle reviendra à 5 millions de francs environ (le centimètre carré étant estimé, tous frais compris, à $2^{\text{fr}},50$); mais, comme c'est une œuvre internationale, que chaque État civilisé aura à sa charge le travail qui concerne son propre territoire et celui de ses colonies, et que le reste du monde, soit une partie de l'Asie, l'Empire chinois, certaines contrées de l'Afrique et les mers seront partagés entre les divers États, la dépense qui incombera à chacun d'eux et qui se répartira sur un assez grand nombre d'années, sera en réalité assez faible.

Quoi qu'il en soit, l'exposé succinct que je viens de faire suffit pour montrer la grande importance et la grande utilité qu'aura cette Carte, et je demande à l'Académie de bien vouloir nommer une Commission pour étudier le vœu qu'il me semble opportun de présenter aux Pouvoirs publics afin qu'ils ne se désintéressent pas de cette question et accordent les moyens de participer à la confection de cette Carte au Service géographique de l'Armée, qui, depuis une quinzaine d'années, a du reste, comme nous l'avons déjà dit, commencé une œuvre analogue, dont les feuilles, présentées par le

commandant Pollacchi au Comité international, ont été très appréciées par tous ses membres. Il y va de l'honneur scientifique de la France, qui a été si longtemps à la tête du mouvement géographique dans le monde, de ne pas se désintéresser d'une question si importante et de ne pas rester en arrière des autres nations civilisées, d'autant qu'à l'intérêt scientifique s'en joint un pratique de tout premier ordre.

Le vœu que je proposerais à l'Académie d'adopter est le suivant, déjà approuvé du reste par la Section de Géographie du Comité des travaux historiques et scientifiques du Ministère de l'Instruction publique et par la Société de Géographie de Paris :

« Que la France prenne une part effective à l'exécution de la Carte internationale de la Terre à l'échelle du millionième et que cette exécution soit confiée au Service géographique de l'Armée qui, seul, est en mesure de mener à bien ce travail. »

L'Académie décide de renvoyer l'examen du vœu émis par M. Grandidier à une Commission composée de MM. les Membres de la Section de Géographie et Navigation, auxquels s'adjoindront le Bureau de l'Académie, M. *Michel Lévy* et M. *H. Deslandres*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Simon Newcomb*, décédé.

A ce premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 50,

Lord Rayleigh réunit l'unanimité des suffrages.

Lord Rayleigh, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le Recteur et le Sénat de l'Université de Berlin invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes jubilaires de son premier centenaire, du 10 au 12 octobre 1910.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles*, par Charles Riquier.

2° Les Tomes III à VII (1906-1909) du *Repertorium novarum specierum regni vegetabilis*, publié à Berlin par M. Friedrich Fedde.

3° *La malattia dei minatori*, par M. E. Perroncito. (Présenté par M. Chauveau.)

4° *Onoranze al Prof.* Luigi Cremona.

M. **G.-B. de Toni**, de Modène, adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Drake.* Note de M. **E. Esclangon**.

Une éclaircie qui s'est produite à Bordeaux le 22 janvier m'a permis d'observer dans le crépuscule et au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux la comète *Drake* récemment découverte à Johannesburg. Son noyau est brillant et d'un diamètre apparent de 12″ à 15″. La nébulosité voisine du noyau présente une analogie remarquable d'aspect avec la comète Daniel (1907 *d*). La nébulosité semble émaner du noyau suivant deux directions opposées perpendiculaires à la direction générale de la queue, formant en quelque sorte deux courants de matière nébuleuse s'infléchissant rapidement à mesure qu'ils s'éloignent du noyau, pour former ensuite la queue proprement dite. Pendant les cours instants où j'ai pu l'observer avant son coucher, je n'ai pu, en l'absence de toute étoile de comparaison voisine et visible, obtenir ses coordonnées par la méthode différentielle des passages. Je n'ai donc pu noter que la position approchée suivante, donnée directement par l'instrument et corrigée de la réfraction :

α.	δ.	Temps moyen de Paris (22 janvier).
$20^h 59^m 50^s$	$-8° 44'$	$6^h 0^m 24^s$

La marche diurne moyenne qu'on en déduit par comparaison avec l'observation faite à Johannesburg le 16 janvier est de $+12^m 46^s$ en ascension droite et de $+3° 1'$ en déclinaison.

Par l'intermédiaire de M. **Bigourdan**, M. *Bursaux*, de Metlaoui (Tunisie), signale l'apparition d'une brillante comète qui a été aperçue là le 20 janvier 1910 : cet astre, visible à l'Ouest, après le coucher du Soleil, à 10° au-dessus de l'horizon, était alors accompagné d'une queue de 6° de long.

ASTRONOMIE. — *Observations, faites à l'Observatoire de Marseille, de la comète Drake* 1910*a*. Note de M. **H. Bourget**, présentée par M. B. Baillaud.

La nouvelle comète 1910*a* a été observée à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes, les 19, 20 et 21 janvier. Sa faible hauteur et des arbres ont empêché de pouvoir l'observer à l'équatorial Eichens.

Voici le détail des observations, les positions données étant simplement des positions instrumentales, car on n'a pu apercevoir dans le voisinage aucune étoile pouvant servir à une comparaison :

Dates.	Temps moyen de Marseille.	Ascension droite.	Distance polaire.	Observateur.
	h m s	h m s	° ′ ″	
1910. Janvier 19 ...	5. 4.19	20.30.58,7	107. 4.20	Borrelly
» » 20 ...	5. 3. 4	20.42.52,3	103.47.46	»
» » 21 ...	5.35.41	20.53. 1	100.52.25	»

Le 19, M. Borrelly l'observe après le coucher du Soleil. Elle est très près de l'horizon, superbe et d'un éclat supérieur à Mercure. Le noyau paraît ovoïde. La queue mesure 5°, mais le crépuscule et l'éclat de la Lune en masquent certainement une grande partie. Elle est très aisément visible à l'œil nu.

Le 20, MM. Borrelly et Bourget la cherchent, sans succès, vers 9h du matin. M. Borrelly l'observe après le coucher du Soleil. Elle est toujours très belle. Son noyau paraît complètement rond et mesure 12″. La queue est aussi longue que la veille, séparée longitudinalement en deux parties par une bande sombre, offrant l'aspect classique d'une comète au voisinage du Soleil.

Le 21, MM. Stephan, Bourget et Borrelly la retrouvent après le coucher du Soleil. Elle est splendide et s'offre comme une des plus belles comètes qui aient apparu. Le noyau paraît allongé parallèlement à l'horizon, deux aigrettes s'en échappant à l'Est et à l'Ouest. La queue paraît avoir 15°. La bande longitudinale de la veille existe toujours, moins accusée peut-être. Malgré un violent mistral qui fait vibrer le chercheur, la position en angle horaire paraît bonne. Dans une jumelle à prisme, elle présente un magnifique développement.

M. **Baillaud**, en présentant la Note précédente, signale que la comète Drake a été observée sommairement à Paris, les 21 et 22, par MM. Bigour-

dan, Fayet et Giacobini. Elle a été vue et bien décrite le 20, à Fécamp, par M. Gontier, professeur de dessin au lycée; le 21, à Ucel (Ardèche), par M. Guabrot-Brousse, maire de cette commune; le 22, à Pienne, par M. A. Voisin. Depuis le 16 janvier, jour de sa découverte à Johannesburg, jusqu'au 22, elle s'était déplacée de $+1^h8^m$ en ascension droite et de $+16°,5$ en déclinaison. M. Giacobini signale que la queue offre deux branches ayant chacune trois divisions distinctes.

ASTRONOMIE. — *Éléments de la comète Tempel₂.* Note de M. E. Maubant, présentée par M. B. Baillaud.

Les éléments qui m'ont servi de point de départ sont ceux de 1904 publiés dans le n° 3962 des *Astronomische Nachrichten* par M. Schulhof. J'ai calculé les perturbations par Jupiter et par Saturne de 40 jours en 40 jours; il a été nécessaire, au cours du travail, de modifier trois fois les éléments osculateurs. Voici le Tableau des résultats principaux :

Éléments de 1904. Époque 1904, oct. 30, t. m. Paris.			Sommes des perturbations de Jupiter et Saturne.	Nouveaux éléments osculateurs. Époque 1910, févr. 21, t. m. Paris.		
	° ′ ″		° ′ ″		° ′ ″	
M....	357.51.49,2		ΔM + 1.58.52,5	M....	2. 4.21,2	
π....	306.49.32,1	1910,0	$\Delta\pi$ + 27. 9,5	π....	307.16.41,6	1910,0
Ω....	121. 4.43,1		$\Delta\Omega$ — 26.44,4	Ω....	120.37.58,7	
i.....	12.38.52,8		Δi + 6.23,9	i.....	12.45.16,7	
φ....	32.50. 3,7		$\Delta\varphi$ + 1. 4.17,2	φ....	33.54.20,9	
μ....	672″,175		$\Delta\mu$ + 13″,706	μ....	685″,881	
log$a$..	0,481683			log$a$..	0,475839	

L'orbite de la comète Tempel₂ se trouve entièrement à l'intérieur de celle de Jupiter. Le moyen mouvement diurne augmente et la durée de révolution, un peu plus de 5 ans, se rapproche de celle de la comète d'Encke.

La comète sera difficilement observable, car, à l'époque du passage au périhélie, avancé de 10 jours par suite des perturbations, sa position se trouvera voisine de celle du Soleil. Lorsqu'elle s'éloignera de cet astre, son éclat sera faible et la valeur de $1 : r^2\Delta^2$ un peu inférieure à celle de la dernière observation de 1904.

J'ai cependant calculé une éphéméride qui paraîtra prochainement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les conditions de maximum ou de minimum d'une fonction analytique d'une infinité de variables.* Note de M. J. Le Roux, présentée par M. Émile Picard.

Pour une fonction de plusieurs variables, dont la variation première est nulle en un point, l'étude de la variation seconde fournit en général un *criterium* pour reconnaître si la fonction présente au point considéré un maximum ou un minimum relatif. Les propriétés que j'ai établies dans une précédente Note sur les formes quadratiques permettent d'étendre le même *criterium* aux fonctions d'une infinité de variables.

Soit $f(x) = f(x_1, x_2, \ldots)$ une fonction analytique réelle des variables $x_1, x_2, \ldots$ s'annulant au point

$$0 = x_1 = x_2 = \ldots,$$

et uniformément convergente dans un domaine (D), défini par des inégalités de la forme

$$|x_n| \leq a_n. \tag{1}$$

Cette fonction est alors développable en série de Taylor généralisée, comme je l'ai montré ailleurs. On peut écrire

$$f(x) = \sum \varphi_p(x_1, x_2, \ldots), \tag{2}$$

φ_p désignant une fonction homogène d'ordre p des variables considérées. Toutes les fonctions homogènes φ_p, ainsi que la série $\Sigma\varphi_p$, sont uniformément convergentes dans le domaine (D). (Dans les travaux de M. H. von Koch et de M. Hilbert, c'est le développement considéré qui sert de définition à la fonction.)

Supposons maintenant que le développement commence aux termes du second ordre, et que la fonction φ_2 soit une forme quadratique définie.

Je dis que, dans ces conditions, on peut déterminer un domaine (D′), *entourant l'origine, et dans lequel la fonction $f(x)$ est différente de zéro, sauf à l'origine, et constamment du même signe que la forme quadratique φ_2.*

Soit par exemple $\varphi_2 > 0$. Nous avons établi qu'à chaque variable x_n correspond un module positif μ_n; si l'on donne à x_n une valeur déterminée ξ_n, on a constamment

$$\varphi_2 \leq \mu_n \xi_n^2.$$

La série (2) étant convergente dans le domaine (D), frontière comprise, chacun des termes φ_3, φ_4, ... reste, en valeur absolue, inférieur à un nombre M, dans tout le domaine considéré.

Soit t un nombre positif, les inégalités

$$|x_n| \leq t a_n$$

définissent un domaine D_t, homothétique à D. Dans le domaine D_t la valeur absolue de la fonction homogène φ_p reste inférieure à $M t^p$.

Cela posé, considérons un système de valeurs des variables x_1, x_2, ..., et formons la suite des rapports

$$(3) \qquad \left|\frac{x_1}{a_1}\right|, \quad \left|\frac{x_2}{a_2}\right|, \quad \ldots, \quad \left|\frac{x_n}{a_n}\right|.$$

Nous supposerons que cette suite admette une limite supérieure t, inférieure à 1 : aucun des rapports considérés n'est supérieur à t, mais il en existe qui sont supérieurs à tout nombre $t' < t$.

Si l'on a, en particulier, $\left|\frac{x_n}{a_n}\right| \geq t'$, il en résulte

$$\varphi_2 \geq \mu_n a_n^2 t'^2.$$

La fonction considérée $f(x)$ aura donc alors une valeur supérieure à

$$\mu_n a_n^2 t'^2 - M(t^3 + t^4 + \ldots) = \mu_n a_n^2 t'^2 - \frac{M t^3}{1 - t}.$$

Elle sera donc positive si les nombres t et t' satisfont à l'inégalité

$$(4) \qquad \mu_n a_n^2 t'^2 - \frac{M t^3}{1 - t} > 0.$$

Pour que la condition (4) puisse être vérifiée par des valeurs de t' inférieures à t, il faut et il suffit que l'on ait

$$t < \frac{\mu_n a_n^2}{M + \mu_n a_n^2},$$

et, par suite,

$$(5) \qquad |x_n| < \frac{\mu_n a_n^3}{M + \mu_n a_n^2} \qquad \text{(égalité exclue)}.$$

Les inégalités (5) définissent un nouveau domaine (D′) intérieur à (D) et dans lequel la fonction $f(x)$ est toujours positive, sauf à l'origine où elle est nulle. Elle admet donc en ce point un minimum relatif, et notre proposition est par conséquent démontrée.

Dans le domaine (D) chaque variable se meut dans un intervalle fini, mais il peut arriver que la suite de ces intervalles n'admette pas une limite inférieure non nulle. La considération de domaines de cette nature que j'ai appelés *évanouissants* s'impose dans l'étude de la plupart des questions relatives aux fonctions d'une infinité de variables : pour la convergence, la continuité, pour l'existence même des fonctions, comme pour les conditions de maximum ou de minimum. Il est d'ailleurs facile, par une transformation simple effectuée sur les variables, de passer des domaines évanouissants aux domaines non évanouissants, et réciproquement.

Dans l'exemple suivant que j'emprunte à M. Hilbert (*Rendiconti di Palermo*, t. XXVII, 1909),

$$f(x) = \sum \frac{x_n^2}{n^2} - \sum \frac{x_n^3}{n},$$

la fonction $f(x)$ est nulle à l'origine, et positive en dehors de ce point, dans tout le domaine évanouissant défini par les inégalités

$$|x_n| < \frac{1}{n}. \tag{6}$$

On peut donc dire, contrairement à l'opinion exprimée par M. Hilbert, que la fonction considérée admet à l'origine un minimum relatif.

La transformation

$$n x_n = y_n$$

remplacerait le domaine évanouissant (6) par un domaine non évanouissant.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le dernier théorème de Fermat.* Note de M. **D. Mirimanoff**, présentée par M. Appell.

M. A. Wiefrich [1] a démontré récemment le théorème suivant : *Si l'équation $x^p + y^p + z^p = 0$ est possible en nombres entiers premiers à p, le quotient de Fermat $q(2) = \frac{2^{p-1} - 1}{p}$ est divisible par p.* Je ferai voir *qu'il en est de même du quotient $q(3) = \frac{3^{p-1} - 1}{p}$.*

---

[1] *Journal für reine u. angew. Math.*, t. 136, p. 293-302.

Désignons par $\varphi_i(t)$ le polynome

$$t - 2^{i-1}t^2 + 3^{i-1}t^3 - \ldots - (p-1)^{i-1}t^{p-1},$$

et posons $\psi_i(t) = \varphi_i(-1-t)$.

Il résulte des recherches de Kummer que chacun des six rapports $\frac{x}{y}$, $\frac{y}{x}$, $\frac{x}{z}$, $\frac{z}{x}$, $\frac{y}{z}$, $\frac{z}{y}$ vérifie les $\frac{p-1}{2}$ congruences

$$\mathrm{B}_i\psi_{p-2i}(t) \equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\, p) \qquad \left(i = 1, 2, \ldots, \frac{p-3}{2}\right),$$

$$(1) \qquad \varphi_{p-1}(t) \equiv 0,$$

B_i étant le $i^{\text{ième}}$ nombre de Bernoulli.

Or les polynomes $\psi_i(t)$ sont liés par une relation qu'on déduit très simplement de la formule

$$(2) \qquad x\sum_{i=1}^{i=m-1}\frac{\alpha_i}{e^x - \alpha_i} = -\frac{m-1}{2}x + \sum_{i=1}^{i=\infty}(-1)^{i-1}(m^{2i}-1)\frac{\mathrm{B}_i}{2i!}x^{2i},$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{m-1}$ sont les racines de $\frac{z^m - 1}{z-1} = 0$ et m un nombre entier quelconque que, pour plus de simplicité, nous supposons premier.

Posons $e^x = 1 + t$, d'où $x = \log(1+t)$, et développons les deux membres de (2) suivant les puissances croissantes de t jusqu'aux termes en t^{p-1} inclusivement. Il est aisé de montrer que la série $\log^k(1+t)$ arrêtée au terme en t^{p-1} donne, pour tout $k < p-1$, un polynome congru à $k!\,\psi_{p-k}(t)$ $(\mathrm{mod}\, p)$ (cf. *Journal f. reine u. angew. Math.*, t. 128, p. 60). Nous aurons ainsi, après une transformation facile, la formule

$$(3) \quad \varphi_{p-1}(t)\sum_{i=1}^{i=m-1}\frac{\alpha_i}{1-\alpha_i+t} + t^{p-1}\sum_{i=1}^{i=m-1}\left(\frac{\alpha_i\mathrm{R}_i}{1-\alpha_i} - \frac{\alpha_i\mathrm{R}_i}{1-\alpha_i+t}\right) \equiv -\frac{m-1}{2}\varphi_{p-1}(t)$$
$$+ \sum_{i=1}^{i=\nu-1}(-1)^{i-1}(m^{2i}-1)\mathrm{B}_i\psi_{p-2i}(t) + (-1)^{\nu-1}(m^{p-1}-1)\frac{\mathrm{B}_\nu}{p-1!}t^{p-1},$$

en posant

$$(4) \qquad \mathrm{R}_i = \frac{\varphi_{p-1}(-1+\alpha_i)}{(-1+\alpha_i)^{p-1}} = \frac{\varphi_{p-1}(-\alpha_i)}{(1-\alpha_i)^{p-1}} \qquad \text{et} \qquad \nu = \frac{p-1}{2}.$$

Cette formule est une identité $(\mathrm{mod}\, p)$. Multiplions-la par le produit $\prod_{i=1}^{i=m-1}(1-\alpha_i+t)$. En faisant $t = -1$, tous les termes en φ_{p-1}, ψ_{p-2i}

s'annulent (mod p) et il vient

$$(5)\qquad (-1)^{\nu-1}(m^{p-1}-1)\frac{B_\nu}{p-1!} \equiv q(m) \equiv \sum_{i=1}^{i=m-1} \frac{R_i}{1-\alpha_i},$$

formule qui fournit une expression générale du quotient de Fermat $q(m)$.

Si maintenant on substitue à t l'un des rapports $\frac{x}{y}, \frac{y}{x}, \cdots$, les termes en ζ_{p-1}, ψ_{p-2i} tombent en vertu de (1). En remplaçant alors t par $-1-t$, ce qui est permis, nous aurons

$$(6)\qquad \prod_{i=1}^{i=m-1}(t+\alpha_i)\sum_{i=1}^{i=m-1}\frac{R_i}{t+\alpha_i} \equiv 0 \qquad (\text{mod}\, p).$$

On peut donc énoncer le théorème suivant :

Si l'équation $x^p+y^p+z^p=0$ admet une solution x, y, z première à p, chacun des rapports $\frac{x}{y}, \frac{y}{x}, \cdots$ vérifie la congruence (6).

En faisant dans (6) $m=2$, on retrouve le critérium de M. A. Wieferich.

Pour $m=3$, la congruence (6) s'écrit

$$t(R_1+R_2)+\alpha_2 R_1+\alpha_1 R_2 \equiv 0,$$

et comme le nombre des rapports $\frac{x}{y}, \frac{y}{x}, \cdots$ distincts (mod p) est au moins égal à 2, on doit avoir $R_1+R_2 \equiv 0$, $\alpha_2 R_1+\alpha_1 R_2 \equiv 0$, d'où, en vertu de (5), $q(3) \equiv 0$ (mod p). C. Q. F. D.

On voit que l'impossibilité de l'équation de Fermat en nombres entiers premiers à p est établie pour tous les exposants premiers p, tels que l'un au moins des quotients de Fermat $q(2)$, $q(3)$ ne soit pas divisible par p. Elle est établie, en particulier, pour tous les exposants premiers de la forme $2^a 3^b \pm 1$ et de la forme $\pm 2^a \pm 3^b$.

D'autres critères peuvent être déduits de (6) en donnant à m des valeurs supérieures à 3.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des solutions d'une équation aux différences finies linéaire pour les grandes valeurs de la variable.* Note de M. **Galbrun**, présentée par M. Painlevé.

On sait que la recherche des solutions de l'équation aux différences finies

$$(1)\qquad A_0 f(x+k)+A_1 f(x+k-1)+\ldots+A_k f(x)=0,$$

où A_i est un polynome en x de degré p, se ramène au moyen de la transformation

$$f(x) = \int \varphi(z) z^{x-1} dz,$$

à la résolution de l'équation différentielle

$$(2) \qquad z^p R_0 \frac{d^p \varphi}{dz^p} + z^{p-1} R_1 \frac{d^{p-1} \varphi}{dz^{p-1}} + \ldots + R_p = 0,$$

où R_i est un polynome en z de degré égal ou inférieur à k. Dans la présente Note, j'étudierai le cas où le polynome R_0 étant de degré inférieur à k, toutes les solutions de l'équation (2) peuvent être représentées asymptotiquement à l'infini par des séries normales du premier ordre de la forme

$$P_i = e^{-\beta_i z} z^{u_i} \left(a_0^i + \frac{a_1^i}{z} + \ldots + \frac{a_n^i}{z^n} + \frac{\varepsilon}{z^n} \right).$$

Il existe une solution u_i de l'équation (2) qui, quand z s'éloigne à l'infini avec l'argument de β_i changé de signe, est représentée asymptotiquement par P_i; je forme alors

$$I(u_i) = \int_a^\infty u_i z^{x-1} dz,$$

a étant un point de la droite $O - \beta_i$ situé entre O et x et l'intégrale étant prise sur cette droite depuis a jusqu'à l'infini.

D'autre part, au voisinage de l'infini, l'équation (2) admet les p solutions indépendantes

$$\varphi_1 = \psi_{1,1}, \qquad \varphi_2 = \psi_{2,1} + \psi_{2,2} Lz, \qquad \ldots$$

Au moyen de ces fonctions on peut former p solutions W de (2) telles que la fonction $f_i(x)$ définie par

$$f_i(x) = I(u_i) + \int_{L_0} z^{x-1} (c_1 W_1 + c_2 W_2 + \ldots + c_p W_p) dz,$$

d'où solution de l'équation (1); le contour L_0 ayant pour origine et extrémité le point a, comprend à son intérieur l'origine et tous les points racines du polynome R_0; les constantes c sont les coefficients des fonctions φ dans l'expression de u_i en fonction de $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_p$ au voisinage du point a. La fonction $f_i(x)$ est méromorphe et admet pour pôles les racines des équations

$$\varpi e^{2i\pi x} - 1 = 0,$$

où ϖ est racine de l'équation fondamentale relative au point à l'infini.

Quand le polynome R_0 est de degré $k - z$, il existe z séries P_i où β_i est différent de O; au moyen de ces z séries, on forme z expressions Q_i

$$Q_i = \frac{x^{x+y_i-\frac{1}{2}}}{\beta_i^{x+y_i}} e^{-x}\left(b_0^i + \frac{b_1^i}{x} + \ldots + \frac{b_n^i}{x^n} + \frac{\varepsilon}{x^n}\right),$$

qui représentent asymptotiquement les fonctions $f_i(x)$. Quand le point x s'éloigne à l'infini dans le demi-plan situé à droite de l'axe des ordonnées, suivant une direction différente de celle de l'axe des abscisses, la fonction $f_i(x)$ est représentée asymptotiquement par $Q_1(x)$. Le demi-plan situé à gauche de l'axe des ordonnées est divisé par des rayons S issus de l'origine en plusieurs angles où $f_1(x)$ est représentée asymptotiquement par des développements C_iQ_i différents, C_i étant une constante. Ces rayons sont, d'une part, la direction négative de l'axe des abscisses, d'autre part, les perpendiculaires aux côtés de la ligne polygonale convexe ayant pour sommets ou comprenant à son intérieur les points β_i' des coordonnées $(Lz_i, -\varpi_i)$, r_i et ϖ_1 étant le module et l'argument de β_i de module égal ou supérieur à β_1.

D'une façon analogue, on peut former des solutions de l'équation (1) correspondant aux racines nulles du polynome R_0 si les solutions de la transformée en $\frac{1}{z}$ de (2) sont représentées à l'infini par des séries normales du premier ordre; les solutions de (1) sont alors représentées asymptotiquement par des expressions de la forme

$$Q_i' = \frac{\gamma_i^{x+y_i} e^{c-i\pi x}}{x^{x+y_1-\frac{1}{2}}}\left(c_0^i + \frac{c_1^i}{x} + \ldots + \frac{c_n^i}{x^n} + \frac{\varepsilon}{x^n}\right).$$

GÉODÉSIE. — *Sur les jonctions de la chaîne méridienne de Savoie avec la triangulation fondamentale italienne et suisse.* Note de M. **Paul Helbronner**, présentée par M. Michel Lévy.

Nos observations de 1907 et de 1908 pour l'exécution d'une Chaîne géodésique de précision, dite *Méridienne de Savoie*, dont nous avons présenté le résumé dans nos communications des 7 octobre 1907 et 28 septembre 1908, ont donné lieu à de longs calculs consécutifs, qui sont aujourd'hui terminés. Ces calculs qui avaient été établis, en premier lieu, d'une façon provisoire, sur la méthode des compensations graphiques successives par points isolés, l'ont été d'une façon définitive, sur la méthode

des compensations analytiques, dite *des moindres carrés*, par figures comprenant de six à neuf points; chacune de celles-ci déterminant simultanément de trois à cinq points nouveaux. Pour cette compensation définitive, la triangulation a été décomposée en huit figures accolées, dont l'enchaînement s'est effectué du Sud vers le Nord.

Nous ne voulons pas attendre la publication du premier Volume de notre *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, qui sera consacré exclusivement aux observations, calculs et tours d'horizon photographiques de notre chaîne méridienne de Savoie, mais dont l'impression, qui commence seulement, demandera vraisemblablement plusieurs mois, pour présenter à l'Académie le résumé de quelques résultats caractéristiques concernant, parmi les différentes jonctions de notre chaîne méridienne avec les triangulations fondamentales préexistantes qu'elle rencontre, celles notamment qui se produisent avec le réseau primordial italien, dans la partie centrale, et avec le réseau primordial suisse, dans la partie septentrionale de notre enchaînement.

Noms des côtés [1].	Triangulations fondamentales suisses.	Chaîne méridienne de Savoie.	
	m	m	m
Cornettes de Bise-Dent d'Oche....	4681,13	4681,44	+0,31
La Dôle-Ripaille.....	29987,27	29986,69	+0,58
Dent d'Oche-Ripaille.....	19360,16	19360,75	+0,59
Mont Tendre-Ripaille.....	26050,18	26051,35	+1,17
La Dôle-Dent d'Oche.....	49254,76	49254,82	+0,06
Mont Tendre-Dent d'Oche.....	42065,05	42066,39	+1,34
Mont Tendre-La Dôle.....	24804,40	24804,53	+0,13
Trélod-Colloney.....	49353,05	49354,28	+1,23
Trélod-La Dôle.....	81780,48	81781,33	+0,85
Trélod-Les Voirons.....	61024,30	61024,82	+0,52
La Dôle-Les Voirons.....	29270,50	29270,77	+0,27
La Dôle-Colloney.....	68038,18	68038,09	—0,09
Colloney-Les Voirons.....	38767,68	38767,32	—0,36

Avec le réseau du premier ordre italien établi de 1879 à 1881, par

[1] Nous devons la connaissance des côtés de la triangulation du canton de Vaud à une obligeante Communication de M. le colonel Held, directeur du Bureau topographique fédéral suisse. Quant aux côtés de la grande triangulation suisse, ils ont été publiés dans le Tome X de *Das schweizerische Dreiecknetz* (*Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz*, etc.), p. 219 et suivantes. Zurich, chez Fäsi et Beer, 1907.

l'Institut géographique militaire de Florence, nous avons opéré notre jonction par le côté *Tête Nord des Fours — Contrefort Nord de l'Aiguille-Rouge du mont Pourri*. (Ce dernier point que nous avons occupé, uniquement en vue de cette soudure, ne se trouve qu'à 1^{km} au nord de notre station *Sommet de l'Aiguille-Rouge*, où passe l'enchaînement proprement dit de notre chaîne). La comparaison des valeurs de ce côté dans la triangulation italienne et dans la chaîne méridienne de Savoie s'établit ainsi :

Avec le réseau fondamental suisse, le nombre des points communs est assez élevé pour permettre l'identification de treize côtés : sept d'entre eux appartiennent à la triangulation de précision du canton de Vaud, datant de 1883 ; six autres appartiennent à la nouvelle triangulation fondamentale suisse qui débuta en 1867. Cette seconde série est formée de côtés faisant partie de grands triangles que nous n'avons pas mesurés directement dans notre chaîne, mais qui ont pour sommets des points de celle-ci dont les distances ont résulté des positions dues à notre compensation définitive et que nous avons obtenues par le calcul de triangles auxiliaires.

Parmi les nombreux angles communs dont la comparaison complète ne présente que peu d'intérêt, nous donnerons, à titre d'exemple, l'angle à Dent d'Oche entre *Mont Tendre* et *La Dôle*, et les angles du grand triangle du premier ordre suisse Trélod-Les Voirons-La Dole.

		Triangulation suisse		Chaîne méridienne de Savoie.
		publiés en degrés.	transformés en grades.	
Angle sphérique à Dent d'Oche entre Mont Tendre et La Dôle..		30°.13′.54″,37	33.5908^{G},55	33.5910^{G},31
Triangle sphérique.	Trélod.....	16.47.56,97	18.6657,32	18.6656,05
	Les Voirons.....	126. 8.57,16	140.1657,90	140.1662,61
	La Dôle.....	37. 3.09,52	41.1696,05	41.1692,58

PHYSIQUE. — *Sur la relation de Pulfrich entre la contraction du volume et le pouvoir réfringent des mélanges liquides.* Note de M. **Edm. van Aubel**, présentée par M. Lippmann.

Considérons un mélange de deux liquides. Désignons par :

p_1 la quantité en poids d'un des liquides qui entre dans le mélange,
p_2 celle de l'autre liquide,
D_1 la densité du premier liquide,

D_2 celle du second,

$v_1 = \frac{p_1}{D_1}$ le volume qu'occuperait le premier liquide s'il était seul,

$v_2 = \frac{p_2}{D_2}$ le volume correspondant au poids du second liquide,

D la densité observée du mélange (résultat de la contraction ou de la dilatation des volumes),

D_v la densité qu'aurait le mélange s'il se formait sans changement de volume.

On a les relations suivantes, dans lesquelles C représente la variation totale du volume et c la contraction ou la dilatation rapportée à l'unité de volume :

$$D_v = D_1 + (D_2 - D_1)\frac{v_2}{v_1 + v_2}, \tag{1}$$

$$C = (v_1 + v_2)\left(1 - \frac{D_v}{D}\right),$$

$$c = \frac{C}{v_1 + v_2} = \frac{D - D_v}{D}. \tag{2}$$

Soit, d'autre part, $R = n - 1$ le pouvoir réfringent, n étant l'indice de réfraction, et affectons des indices 1 ou 2 les lettres R et n, qui se rapportent à l'un ou l'autre des liquides qui constituent le mélange.

Nous aurons pour les pouvoirs réfringents la relation suivante, analogue à l'équation (1) :

$$R_v = R_1 + (R_2 - R_1)\frac{v_2}{v_1 + v_2}. \tag{3}$$

R_v représentera le pouvoir réfringent que l'on obtiendrait pour le mélange si celui-ci se produisait sans variation du volume.

Ces notations étant admises, appelons *contraction du pouvoir réfringent* l'expression $\frac{R - R_v}{R}$, analogue à la quantité c de l'équation (2).

Pulfrich [1] a montré qu'on peut écrire la relation

$$\frac{R - R_v}{R} = q\,\frac{D - D_v}{D} = qc. \tag{4}$$

Le facteur de proportionnalité q est pratiquement constant et *toujours positif*, pour les mélanges en diverses proportions de deux liquides déterminés. Cette relation de Pulfrich a fait l'objet des recherches de Buchkremer, Schütt, Chéneveau et surtout V.-F. Hess [2]. Ce dernier physicien a prouvé que la formule (4) se vérifiait, quelle que

---

[1] *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. IV, 1889, p. 561.

[2] *Annalen der Physik*, 4e série, t. XXVII, 1908, p. 589.

soit l'expression choisie pour le pouvoir réfringent R :

$$R = n - 1, \qquad R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}, \qquad R = n^2 - 1,$$

et que le facteur de proportionnalité q variait peu avec la température et la longueur d'onde. q serait donc une constante, caractéristique des mélanges de deux liquides donnés.

Pour sa Thèse de doctorat, intitulée *Ueber den Einfluss der Komplexbildung auf Raumerfüllung und Lichtbrechung in wässrigen Lösungen von Salzen und Säuren*, Université de Bonn, juillet 1908, Robert Wintgen a exécuté un grand nombre de mesures très précises, dans un but différent de celui qui nous occupe. Je me suis proposé d'utiliser ces résultats pour vérifier si le facteur de proportionnalité q était toujours positif, et j'ai obtenu une valeur négative de q, dans le cas d'un mélange à volumes égaux d'une solution d'heptamolybdate d'ammonium avec une solution d'acide tartrique (*Dissertation* de Robert Wintgen, p. 50).

Température : 25°.0.

a. Solution 1 : heptamolybdate d'ammonium dans l'eau.

P_1 = nombre de grammes de substance dissous dans v_1 centimètres cubes de la solution 1 = 200,00;
$v_1 = 1000^{cm^3}$ de la solution 1;
$D_1 = 1,13560$ = densité de la solution 1;
$n_1 = 1,36519$ (¹), d'où

$$R_1 = n_1 - 1 = 0,36519.$$

b. Solution 2 : acide tartrique dans l'eau.

P_2 = nombre de grammes de substance dissous dans v_2 centimètres cubes de la solution 2 = 200;
$v_2 = 1000^{cm^3}$ de la solution 2;
$D_2 = 1,08440$;
$n_2 = 1,35626$, d'où

$$R_2 = n_2 - 1 = 0,35626.$$

c. On mélange les solutions 1 et 2 et l'on trouve les résultats suivants :

$D_v = 1,11000$ calculée par la formule (1);
$D = 1,10927$, valeur déduite des mesures;

(¹) Pour la raie D du sodium.

$R_v = 0,36072$, calculé au moyen de la formule (3);
$R = 0,36229$, valeur déduite des mesures.

On a donc

$$D < D_v \quad \text{et} \quad R > R_v;$$

la quantité q est *négative*.

Les écarts observés dépassent de beaucoup les erreurs possibles dans les mesures effectuées par Robert Wintgen (voir p. 26 et 28 de sa *Dissertation*). C'est le seul cas qui ait été signalé jusqu'ici, pour lequel le facteur q est négatif. Il devient intéressant d'étudier des mélanges des mêmes solutions en d'autres proportions.

Remarquons qu'il se forme, dans le mélange considéré, un composé complexe, ainsi que M. Gernez l'a montré par des recherches polarimétriques [1], mais je n'ai pas trouvé la particularité que je viens de signaler, avec d'autres mélanges étudiés par Robert Wintgen et donnant également lieu à des composés complexes : un mélange d'une solution de chlorure mercurique et d'une solution d'iodure de potassium, par exemple, donne

$$D = 1,02469, \qquad D_v = 1,02439,$$
$$R = 0,33733, \qquad R_v = 0,33682,$$

c'est-à-dire une valeur positive de q.

PHYSIQUE. — *Sur les lois de l'évaporation.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

La plus grande difficulté des mesures de vitesse d'évaporation est la détermination de la surface liquide qui s'évapore. Cette surface dépend non seulement de la tension superficielle, mais de l'état de la paroi en chaque point et pour les liquides à faible tension superficielle, comme l'éther ou la benzine, elle croît avec le temps.

Pour des mesures comparatives on peut tourner la difficulté en employant un vase fermé dont le couvercle, placé à une certaine distance de la surface d'évaporation, présente une ouverture circulaire à bords nettement définis.

Si, comme a semblé le montrer l'étude des solutions aqueuses [2], la vitesse

---

[1] *Journal de Physique*, 2e série, t. VI, 1887, p. 383. — Voir aussi Quinet, *Journal de Physique*, 4e série, t. VIII, 1909, p. 278.

[2] *Comptes rendus*, 26 avril 1909.

d'évaporation est uniquement réglée par la vitesse de diffusion de la vapeur, la quantité q de liquide évaporé par seconde doit dépendre uniquement de l'aire s de l'ouverture. J'ai en effet constaté que q n'est pas proportionnel à s, mais que c'est une fonction de s indépendante de la nature du liquide.

Pour une même valeur de s, j'ai trouvé :

	H^2O.	CH^3OH.	C^2H^5OH.	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.	C^7H^8.
$\frac{q}{q'}$.....	1,936	1,947	1,947	1,934	1,942	1,912	1,933

Les écarts sont de l'ordre des erreurs d'expérience.

Cela posé, pour étudier l'influence de la tension de vapeur F et du poids moléculaire M sur la quantité q, je me suis servi d'un petit cristallisoir de 30^{cm^3} environ fermé à la seccotine par une plaque métallique, percée au centre d'une ouverture circulaire de 1^{cm} de rayon. Ce cristallisoir, dans lequel on avait mis 10^{cm^3} du liquide expérimenté, était disposé sur l'un des plateaux d'une balance Curie et l'on déterminait le temps t qu'il mettait à perdre un poids p (variable de $0^{mg},5$ à 1^{cg} suivant la nature du liquide). On en déduisait

$$q = \frac{p}{t}.$$

Pour les liquides miscibles, à l'eau tels que les alcools, il fallait tenir compte du poids de vapeur d'eau absorbé par le liquide pendant l'expérience. A cet effet, après avoir déterminé q comme il vient d'être dit, on remplaçait le liquide par un volume égal d'acide sulfurique dont on mesurait l'augmentation de poids q' par seconde. En admettant (ce que j'ai vérifié pour l'acide phosphorique et la glycérine) [1] que, dans les mêmes conditions de température et d'état hygrométrique, la vitesse d'absorption est la même pour tous les liquides miscibles à l'eau, on devait augmenter q de la quantité q'.

Entre deux mesures, la cage de la balance était ventilée avec soin de façon à éliminer toute trace de vapeur.

La valeur de F correspondant à chaque mesure se déduisait de la température du liquide prise avant et après l'évaporation à l'aide de deux soudures Fe-Cu en opposition, l'une plongeant d'environ 1^{mm} au sein du liquide, l'autre entourant le réservoir d'un thermomètre à mercure immergé dans un thermostat. Les températures ainsi déterminées étaient comprises entre 18° et 23°. Chaque mesure était rapportée à la pression de 760^{mm} en considérant q comme inversement proportionnel à la pression.

Le Tableau qui suit résume les résultats obtenus : chaque nombre fourni est d'ailleurs la moyenne d'au moins dix mesures.

---

(1) *Comptes rendus*, 26 avril 1909.

Liquides.	F_{20}.	$q \times 10^6$.	$q \times F^{-1} \times 10^8 \times M^{-1}$.	$q \times F^{-\frac{4}{3}} \times 10^8 \times M^{-1} = o$.
H^2O	14,4	11,2	3,40	1,290 = 3 × 0,430
CS^2	298	680	3,02	0,452
CCl^4	91	331	2,08	0,444
C^5H^{12} (iso)	573	1450	3,73	0,449
C^5H^{12} (normal)	120	171	2,01	0,408
C^6H^6	75	105	1,87	0,443
C^7H^8	22	27,6	1,37	0,469
CH^3OH	95	82	2,37	0,498
C^2H^5OH	44	39,7	1,81	0,499
C^3H^7OH	15,2	12,2	1,39	0,529
C^4H^9OH (normal)	4,2	2,80	0,79	0,467
C^4H^9OH (iso)	8,6	5,93	0,85	0,404
$CHCl^3$	160	476	2,19	0,403
C^2H^5Br	387	1678	3,75	0,505
C^2H^5I	110	450	2,37	0,478
$(C^2H^5)^2O$	433	1160	3,28	0,431
$(CH^3)^2CO$	180	298	2,56	0,453
C^6H^5Cl	8,8	11,2	0,99	0,478

La colonne F_{20} contient, à titre d'indication, les tensions maxima à 20° des divers liquides expérimentés : elles varient de 4^{mm} à près de 600^{mm} de mercure. La colonne suivante donne, en millionièmes de gramme, les poids de chaque liquide évaporés par seconde; ce sont des poids moyens, ils varient évidemment avec la température. La troisième colonne représente les nombres de molécules qui passeraient par seconde à travers l'ouverture si F était égal à 1 et la vitesse d'évaporation proportionnelle à F; les poids des molécules sont évalués en cent millionièmes de gramme. Ces nombres varient avec la nature du liquide dans le même sens que F, mais beaucoup moins vite que F. Il est assez remarquable que leur quotient par $F^{\frac{4}{3}}$ est sensiblement le même pour tous les liquides expérimentés (quatrième colonne). Pour l'eau cependant, le quotient est triple de ce qu'il est pour les autres liquides. Mais ce résultat peut, comme pour d'autres phénomènes, s'interpréter par l'existence de la molécule triple $(H^2O)^3$.

En résumé, dans le cas particulier envisagé, celui d'un vase incomplètement rempli ne communiquant avec l'extérieur que par une ouverture pratiquée dans la paroi supérieure et relativement étroite, la vitesse d'évaporation est donnée par la formule

$$q = a M F^{\frac{4}{3}},$$

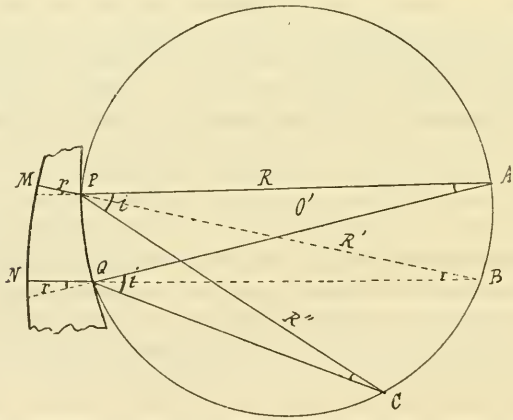
a paraissant ne dépendre qu'en faible proportion de la nature des liquides.

(Les écarts entre les diverses valeurs de a peuvent d'ailleurs s'interpréter, en dehors de toute hypothèse, soit par l'impureté des liquides expérimentés, soit par ce fait que les valeurs de F étaient obtenues par une interpolation assez grossière.)

OPTIQUE. — *Prisme à faces courbes applicable à la Spectroscopie.* Note de M. C. **Féry**, présentée par M. E. Bouty.

Le but poursuivi dans la construction de ce prisme est de supprimer tout dispositif de concentration étranger au prisme, entre la fente et l'oculaire du spectroscope, ou entre la fente et la plaque photographique du spectrographe.

Il en résulte une simplification de construction et de réglage de ces appareils, ainsi qu'une diminution des pertes de lumière et aussi des aberrations provenant des surfaces multiples rencontrées par le faisceau dans les appareils actuels. Enfin les reflets parasites, qui prennent naissance entre les surfaces des lentilles, sont ici complètement supprimés.



Construction et propriétés du nouveau prisme. — Soit A le centre de courbure de la surface d'incidence PQ du prisme; le lieu des points tels que C, et par lesquels on peut mener des rayons CP et CQ faisant des angles égaux avec les normales aux points P et Q, est un cercle qui passe également par ces deux points.

Plaçons par exemple une fente au point C; les rayons incidents, faisant en Q et P des angles d'incidence i égaux avec les normales en ces points, donneront aussi nais-

sance à des angles de réfraction égaux r. Ces rayons PM et QN prolongés se coupent en B; ce point est le centre de courbure de la seconde surface courbe MN.

On voit donc que, si la fente est éclairée par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ, on aura réflexion normale sur toute la surface MN si la condition $\sin i = n_\lambda \sin r$ est satisfaite. L'angle r constitue aussi l'angle du prisme mesuré par les tangentes à ses surfaces en M et P, ainsi qu'en N et Q.

Après réflexion normale sur la face MN, qui est argentée pour augmenter son pouvoir réflecteur, les rayons se réfractent à nouveau en P et Q, et l'on obtient, sur la fente même, un foyer *exact*.

Si au contraire le faisceau issu de C n'est pas monochromatique, on obtient un spectre pur dans le voisinage de C.

Une autre position intéressante de la fente serait celle qui donnerait des angles de réflexion tels, sur MN, qu'après cette réflexion, les rayons rencontrent *normalement* la surface d'émergence PQ.

Le calcul des rayons R′ et R″ est très simple. Si la distance PQ est négligeable vis-à-vis de R on a

$$R' = R \cos r,$$
$$R'' = R \cos i,$$

ce qui permet de calculer le rayon de la seconde surface et le foyer du système, connaissant l'indice du milieu réfringent et se donnant R et l'angle du prisme.

En remplaçant la fente C par un petit trou, les lignes spectrales ne sont pas des points, mais de petites droites parallèles à l'arête du prisme, à cause de l'astigmatisme.

On obtiendra donc un spectre stellaire sans adjonction d'aucune lentille cylindrique donnant l'astigmatisme nécessaire, en se servant de l'image focale d'une lunette astronomique au lieu et place de fente. Cette propriété, qu'on rencontre aussi dans le réseau concave, s'oppose à la formation des lignes longitudinales dans le spectre et qui sont dues aux poussières de la fente.

PHYSICO-CHIMIE. — *Observation d'une dissymétrie dans la vitesse de dissolution des cristaux de sucre suivant leurs différentes faces.* Note de M. **Gaston Gaillard**, présentée par M. J. Violle.

Les recherches que j'ai faites sur le temps que la dissolution met à se produire [1] m'ont conduit à essayer d'en préciser les conditions et à en

[1] *Comptes rendus*, 18 mai 1908.

faire une étude plus complète. Dans ce but je me suis proposé d'examiner s'il existait une différence dans le temps nécessaire à la dissolution d'un cristal suivant ses différentes faces et quelle valeur elle pouvait prendre.

Du reste, dans des expériences inachevées de Pierre Curie sur la croissance des cristaux, d'après Mme P. Curie, « la vitesse d'accroissement s'est montrée différente pour différentes faces, tandis que la solubilité était la même » (1).

Afin de rechercher s'il existait inversement une variation dans la dissolution au point de vue du temps selon la face, j'ai cru devoir m'adresser à des substances douées de pouvoir rotatoire et tout d'abord au sucre; d'une part l'érosion des surfaces rendant difficile toute mesure directe d'une variation qui ne saurait être d'un ordre très élevé, et d'autre part les faibles écarts fournis par la méthode hydrostatique pour des cristaux de sulfate de cuivre ayant conduit M. J. Schurr à admettre que « la vitesse de dissolution est la même pour toutes les faces d'un cristal » (2).

En faisant successivement l'attaque des différentes faces de cristaux de sucre candi pendant des temps variant de 3 à 10 minutes par exemple, à une même température et sur un volume d'eau de 20^{cm^3}, d'après la déviation obtenue au polarimètre par rapport à la surface de chacune des faces successivement attaquées, j'ai observé constamment des différences que montrent les quelques exemples réunis dans le Tableau ci-dessous, et qui sont surtout sensibles pour la face m par rapport à h_1 et p, car les différences observées sont moins nettes pour les faces p et a_1 par rapport à h_1 et m.

Temps de la dissolution = 5 minutes. Volume d'eau = 20^{cm^3}. $t = 15°$ environ.

Surfaces de				Déviations relatives à la dissolution de ces faces.							
h_1.	m.	p.	a_1.	Δh_1.	Δ_m.	Δ_p.	Δa_1.	$\frac{S_{h_1}}{\Delta h_1}$.	$\frac{S_m}{\Delta_m}$.	$\frac{S_p}{\Delta_p}$.	$\frac{S_{a_1}}{\Delta a_1}$.
mm^2	mm^2			°							
539	231	»	»	1.30′	52′	»	»	5,98	4,44	»	
236,25	124,1	179	»	39′	29′	34′	»	6,05	4,27	5,26	»
333	148	»	85,5	58′	36′	»	(20′) (3)	5,74	4,11	»	(4,27)
216	148,68	»	85,28	41′	37′	»	16′	5,26	4,01	»	5,33
248	108,8	»	76,65	40′	24′	»	15′	6,2	4,53	»	5,11
272	133,25	338,25	»	54′	42′	1°5′	»	5,03	3,17	5,20	»

De même qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de la modification très petite de la valeur de la surface par suite du peu de durée de l'attaque, les

(1) *Œuvres de Pierre Curie*, 1908, Préface, p. XVIII.

(2) J. Schurr, *Recherches sur la vitesse de dissolution des sels dans leurs solutions aqueuses* (*Journal de Chimie physique*, t. II, 1904, p. 269).

(3) Valeur trop forte due à une infiltration.

différences de concentration peuvent également être négligées et l'erreur qui en provient est certainement inférieure à celle des mesures, étant données les très basses concentrations et les faibles différences de concentration auxquelles on opère dans ces expériences.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium.* Note de MM. **J. Chaudier** et **Ed. Chauvenet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les propriétés radioactives du thorium et de ses composés ont été étudiées par de nombreux physiciens (1) qui ont utilisé dans leurs recherches soit les minerais de thorium de constitution complexe, soit des sulfates et des azotates de thorium, soit enfin l'oxyde ThO^2.

L'un de nous (2) ayant obtenu à l'état de pureté les composés halogénés et oxyhalogénés du thorium, il nous a paru intéressant, en partant de corps récemment préparés et de composition chimique connue, de faire une étude comparative de leur radioctivité, afin de mettre en évidence le rôle des éléments associés au thorium et de vérifier que la radioactivité thorique se présente bien comme une propriété atomique.

Dispositif expérimental. — Nous avons mesuré l'intensité du rayonnement émis par ces diverses substances, en employant un électroscope de Curie. Le champ électrique était produit entre un plateau électrisé en relation avec la feuille d'or de l'électroscope et un plateau parallèle, en communication avec le sol, sur lequel on plaçait la substance radioactive : sous l'action de l'ionisation de l'air, l'électroscope se décharge et la durée du déplacement de la feuille d'or entre deux divisions fixes peut servir de mesure à l'intensité du rayonnement. Ce dispositif simple nous a donné des résultats très concordants avec les diverses substances étudiées.

Le corps radioactif, préalablement pulvérisé, était répandu (3) en couches uniformes

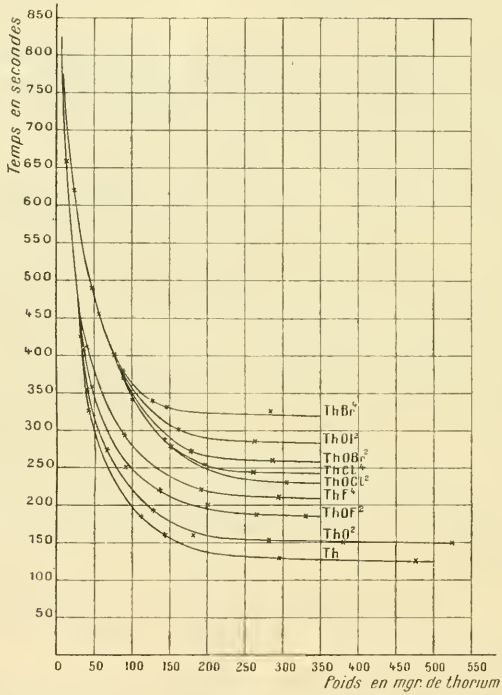
(1) Mme Curie, *Comptes rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 1101. — Schmidt, *Wied. Ann.*, t. XVI, p. 146. — Owens, *Phil. Mag.*, octobre 1899. — Rutherford, *Phil. Mag.*, janvier 1900. — B. Boltwood, A.-M. Dadourian, M. Coy et W.-H. Ross, *Am. Jour. of S.*, XXI, n° 126, juin 1906.

(2) Ed. Chauvenet, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 973; *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1046; *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 289.

(3) Nous avons obtenu des couches minces et uniformes en agitant d'un mouvement régulier, au-dessus de la lame d'aluminium, la substance pulvérisée placée dans un tamis à mailles très étroites ; pour les substances oxydables et avides d'eau (chlorure et bromure de thorium, oxychlorure, oxybromure et oxyiodure de thorium) les couches minces étaient préparées dans le gaz carbonique sec. Avec ces dernières substances, il était nécessaire d'opérer le plus rapidement possible.

très minces, toujours inférieures à $0^{mm},1$, sur un disque en aluminium de 4^{cm} de diamètre qu'on disposait sur le plateau de l'électroscope en relation avec le sol. Grâce à la faible épaisseur de la couche, les effets dus à l'émanation du thorium pouvaient être considérés comme négligeables.

Nous avons étudié simultanément la radioactivité du thorium métallique et celle de l'oxyde de thorium de préparation récente, afin de les comparer à la radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium.



Radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium.

Les résultats obtenus dans ces recherches sont représentés par les courbes ci-dessus, dont les ordonnées indiquent les durées en secondes du déplacement de la feuille d'or de l'électroscope devant 100 divisions du micromètre du microscope, et dont les abscisses indiquent en milligrammes la masse de thorium contenue dans la quantité de substance employée dans chaque expérience.

Résultats. — De l'examen de ces courbes, on peut déduire les propriétés suivantes :

1° La radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium, pour des quantités de substance contenant plus de 10^{mg} environ de thorium, varie avec la nature des éléments associés : *l'intensité du rayonnement diminue lorsque le poids atomique de ces éléments augmente.*

Cette variation paraît due à l'absorption du rayonnement radioactif au sein même de la couche de substance par les éléments qui entrent dans la constitution de la molécule.

Cette absorption, dans les conditions où nous avons fait nos expériences, tend vers une limite, pour chacune des substances étudiées, lorsque l'épaisseur de la couche croît. On peut penser que cette absorption des rayons thoriques par la matière qui les émet est considérable, puisque les rayons provenant des couches les plus basses ne produisent que peu d'effet.

2° Les courbes de radioactivité des divers composés du thorium tendent vers celle du thorium et se raccordent avec elle pour des quantités de matière suffisamment faibles. Au-dessous de 10^{mg} de thorium, dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, toutes ces courbes viennent se confondre en une seule; d'où il résulte que la radioactivité thorique est une propriété atomique, comme l'avait énoncé Mme Curie.

Ces résultats ont été obtenus en partant de substances définies et récemment préparées; nous nous proposons de continuer nos recherches en faisant une étude comparée de la radioactivité des composés du thorium de préparation ancienne et de minerais de ce métal.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur quelques minéraux.* Note de M. **Pierre Camboulives**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré récemment que le plus grand nombre des composés oxygénés des métalloïdes et des métaux subissaient à température relativement basse l'action réductrice et chlorurante des vapeurs de tétrachlorure de carbone. Nous résumerons dans la présente Note nos observations concernant quelques composés oxygénés naturels.

La plupart des composés binaires oxygénés naturels sont attaqués par la

vapeur de tétrachlorure de carbone tout aussi facilement que les produits de laboratoire. Il y a cependant quelques exceptions. L'alumine provenant de la calcination de l'alun d'ammoniaque se transforme complètement à 390°. Le corindon, dans les mêmes conditions, n'est attaqué dans une première chauffe que dans la proportion de 11,3 pour 100, et une nouvelle action de la vapeur de tétrachlorure de carbone ne produit qu'une diminution de poids très faible, à peine 1,6 pour 100.

Cette différence est-elle due à une polymérisation du produit naturel ou à une autre cause telle qu'une porosité moindre? Dans cette dernière hypothèse, il devait être possible de produire une attaque de même ordre que la première après une nouvelle pulvérisation. L'expérience nous a permis de constater en effet dans ces conditions une perte de poids tout à fait comparable, soit de 15 pour 100.

On pouvait dès lors penser que les produits artificiels cristallisés ou fondus se comporteraient de même. C'est ce que nous avons reconnu pour le rubis artificiel (procédé Fremy et Verneuil), pour le rubis fondu (procédé Verneuil) et la glucine fondue.

Parmi les oxydes complexes naturels, nous avons particulièrement étudié l'action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur le cymophane, le fer chromé, la columbite, le wolfram, la scheelite, l'émeri et le spinelle.

Lorsque dans les chlorures formés on a des produits volatils, on peut obtenir parfois des applications d'ordre analytique. Nous citerons comme exemple l'attaque du wolfram.

Ce tungstate de fer et de manganèse est totalement transformé par les vapeurs de tétrachlorure de carbone; le fer et le tungstène passent à l'état de composés chlorés volatils. Dans la nacelle restent les chlorures fixes de calcium, de manganèse et la silice. L'analyse de ce minéral est dès lors rendue très facile.

La silice n'étant pas attaquée par les vapeurs de tétrachlorure, il était à prévoir que l'on pouvait trouver, par l'emploi de ce réactif, un mode de séparation et même un dosage de la silice libre dans certains minerais. Cette étude nous a conduit à envisager l'action du tétrachlorure sur les silicates.

Les silicates anhydres s'attaquent d'autant plus facilement qu'ils sont plus pauvres en silice. En effet, l'albite, l'émeraude, l'orthose, l'oligoclase, le labrador et l'anorthite, composés qui sont ici énumérés dans l'ordre décroissant de leur richesse en silice, ont subi, après pulvérisations comparables

et des temps de chauffe égaux, des pertes inversement proportionnelles à ces teneurs en silice.

Les silicates hydratés, eux, sont totalement transformés par les vapeurs de tétrachlorure de carbone.

Ces propriétés étant connues, la silice libre pouvait donc être isolée dans un très grand nombre de cas.

Nous avons pu la doser dans les oxydes de fer et dans les bauxites. Voici à titre d'exemple les résultats fournis par une bauxite titrant 3 pour 100 de silice totale :

	I.	II.	III.
Poids de bauxite traitée.....	3,237	2,97	0,4756
Poids du résidu siliceux.....	0,03	0,028	0,0045
SiO^2 pour 100.....	0,92	0,92	0,94

La concordance des résultats est ici parfaite. La silice libre trouvée est bien inférieure à la silice totale. Ceci confirme l'opinion de M. Arsandaux [1], qui considère que la silice de la bauxite est en partie combinée à l'état de silicate d'alumine.

On détermine aussi aisément la quantité de silice libre dans les argiles ou dans un mélange de sable et d'argile, car le silicate d'alumine passe à l'état de chlorure de silicium et de chlorure d'aluminium.

L'action sur les composés non oxygénés ne se différencie pas de celle du chlore, le tétrachlorure de carbone n'intervenant qu'après sa décomposition pyrogénée. Cependant, dans ce cas, la vapeur de tétrachlorure non décomposée, sans action sur le minéral considéré, peut servir à rechercher et à doser les produits d'oxydation qui peuvent l'accompagner. Nous avons ainsi reconnu la présence d'oxyde de molybdène dans une molybdénite.

En résumé, on voit que la vapeur de tétrachlorure de carbone agit sur les oxydes métalliques naturels, pour les transformer en chlorures, comme sur les oxydes artificiels, pourvu que leur état de division soit suffisant. On peut, au moyen de ce réactif, faire des séparations analytiques. La silice étant inattaquée, il est aisé d'en effectuer le dosage lorsqu'elle est à l'état libre dans beaucoup de minéraux.

Les exemples que nous avons signalés dans ce travail nous permettent de dire que l'emploi du tétrachlorure de carbone est susceptible d'applications intéressantes dans l'analyse des minéraux.

---

[1] Arsandeaux, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 11-15.

MINÉRALOGIE. — *Note sur un filon aurifère situé à Beslé (Loire-Inférieure).* Note de M. **F. Kerforne**, présentée par M. A. Lacroix.

En 1905, M. J.-B. Lehagre, expert agricole à Rennes, m'ayant communiqué des échantillons de quartz micacé, minéralisé en pyrite et en mispickel, provenant d'excavations qu'il avait découvertes à Beslé (Loire-Inférieure) et qu'il pensait être d'anciennes exploitations, je me rendis sur les lieux et je reconnus la présence d'anciennes galeries de mine remblayées, établies sur un filon quartzeux dont il ne restait que quelques débris; l'exploitation paraissait remonter à une époque très reculée, et de l'examen du quartz je tirais la conclusion que le minerai exploité avait dû être de l'or ou de l'étain.

Des recherches, que j'ai dirigées l'année dernière à Beslé, m'ont permis de faire les observations scientifiques suivantes :

L'ancienne exploitation remonte très probablement à l'époque gallo-romaine, d'après des poteries et des briques trouvées dans les remblais; elle ne s'est pas étendue à une grande profondeur par suite d'une venue aquifère considérable, mais elle a existé sur une longueur de plus de 2 kilomètres.

Des travaux poussés au-dessous du niveau hydrostatique m'ont permis de reconnaître la présence d'un filon quartzeux minéralisé en or libre, pyrite et mispickel. Le filon présente toutes les apparences d'un filon couche encaissé dans les schistes ordoviciens, quoique en certains points, localisés il est vrai, il les recoupe nettement; il envoie souvent, assez loin dans les épontes, des apophyses sous forme de filonnets.

Le quartz est accompagné de larges salbandes argileuses minéralisées; le tout contient abondamment de la muscovite, le plus souvent en masses testacées, colorées en vert clair un peu jaunâtre, mais pas de tourmaline. Les paillettes de mica isolées sont blanc d'argent et un peu onctueuses au toucher; dans les parties superficielles du gîte, le mica est au contraire jaune doré et perd son onctuosité. Le filon et les salbandes sont richement minéralisés en pyrite, se présentant en cristaux p, généralement déformés, en petites masses amorphes et en croûtes cristallines avec a^1; en mispickel sous forme de jolis cristaux me^3, souvent maclés, de petites traînées ou de masses amorphes occupant des cellules quartzeuses cloisonnées finement.

L'*or* natif se présente sous la forme de paillettes minces ou de fils contournés; j'en ai trouvé dans le quartz massif, dans les masses de mica,

dans les cellules quartzeuses cloisonnées vides de leur mispickel, dans du mispickel en voie d'altération et même dans un cristal de pyrite *p* altéré. Il est abondant et l'on trouve quelquefois des pelotons de paillettes chiffonnées atteignant jusqu'à la grosseur d'un pois.

Les épontes du filon présentent, outre une minéralisation intense en pyrite et même en mispickel, un métamorphisme comparable à celui qu'aurait pu produire une roche éruptive.

Ce filon aurifère me paraît présenter un grand intérêt tant scientifique qu'industriel et appartenir à un type apparenté avec les pegmatites.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sous-azoture de carbone* C^4N^2. Note de MM. **Ch. Moureu** et **J.-Ch. Bongrand**, présentée par M. A. Haller.

En dehors du cyanogène, dont la découverte par Gay-Lussac remonte à l'année 1815, on n'a pas encore, à notre connaissance, obtenu d'autre composé *bien défini* qui soit exclusivement formé de carbone et d'azote. Nous venons d'isoler un corps de cette nature, qui répond à la formule C^4N^2. Le cyanogène C^2N^2 étant l'*azoture de carbone*, nous appellerons la nouvelle substance *sous-azoture de carbone*.

Nous l'avons préparée en soustrayant 2^{mol} d'eau à la butine-diamide $CONH^2 - C \equiv C - CONH^2$. Sa structure et sa fonction chimiques découlent de ce mode d'obtention : c'est le butine-dinitrile $N \equiv C - C \equiv C - C \equiv N$ ou dicyanacétylène; on peut l'envisager aussi comme étant un cyanure de carbone $C^2(CN^2)$.

Propriétés. — Le sous-azoture de carbone se présente en fines aiguilles blanches, fusibles à 20°,5-21°; il bout à 76° sous la pression de 753^{mm}. Par son odeur, ainsi que par les propriétés violemment irritantes de sa vapeur, il rappelle le cyanogène.

Très aisément combustible, le contact d'un corps en ignition l'allume instantanément. Sa vapeur prend même feu spontanément à l'air vers la température de 130°, propriété analogue à celle bien connue du sulfure de carbone CS^2, dont le point d'inflammation à l'air est voisin de 150°. La flamme que le sous-azoture de carbone présente à la combustion est pourprée, rappelant par là encore le cyanogène.

Sa densité $d_4^{25°}$ est 0,9703. Nous avons déterminé, pour la raie D du sodium et les trois raies α, β et γ du spectre de l'hydrogène, son indice de réfraction à la même température (25°), sa réfraction moléculaire et sa dispersion moléculaire. Réfraction et dispersion sont notablement supérieures à celles que l'on calcule pour la formule $N \equiv C - C \equiv C - C \equiv N$, en attribuant à l'incrément de la liaison acétylénique les

valeurs que l'un de nous a récemment indiquées [1]. Les exaltations, analogues à celles que présentent d'autres composés acétyléniques [2], sont dues évidemment à la structure très spéciale de la molécule, où l'on voit trois triples liaisons : $N \equiv C$, $C \equiv C$ et $C \equiv N$, se succéder sans discontinuité. Voici ces différentes données :

Indice.	Réfraction moléculaire. Observée.	Calculée.	Exaltation.
$N_\alpha^{25^\circ} = 1,46021$.....	$M_\alpha = 21,461$	$C_\alpha = 18,299$	$M_\alpha - C_\alpha = 3,162$
$N_D^{25^\circ} = 1,46471$.....	$M_D = 21,641$	$C_D = 18,435$	$M_D - C_D = 3,206$
$N_\beta^{25^\circ} = 1,47610$.....	$M_\beta = 22,095$		
$N_\gamma^{25^\circ} = 1,48593$.....	$M_\gamma = 22,484$	$C_\gamma = 18,791$	$M_\gamma - C_\gamma = 3,693$

Dispersion moléculaire. Observée.	Calculée.	Exaltation.
$M_\gamma - M_\alpha = 1,023$	$C_\gamma - C_\alpha = 0,492$	$(M_\gamma - M_\alpha) - (C_\gamma - C_\alpha) = 0,531$

Analyse élémentaire. — De réelles difficultés ont du être vaincues. D'une part, en effet, le corps possède, dès la température ambiante, une forte tension de vapeur, et il fallait, d'autre part, prouver qu'il ne contient pas d'hydrogène.

Nous avons, pour le carbone et l'azote, employé les procédés classiques (combustion par l'oxyde de cuivre), en observant certaines précautions, que nous indiquerons dans un autre Recueil, et, d'un autre côté, MM. Breteau et Leroux ont bien voulu doser eux-mêmes le carbone dans notre produit suivant la méthode si élégante qu'ils ont instituée récemment (combustion par l'oxygène, en présence de platine). Voici ces analyses :

	Substance.	CO^2.	C p. 100.	H^2O.	H p. 100.	N humide.	N p. 100.
	g	g		g			
I (Breteau et Leroux)...	0,2203	0,5129	63,49	0,0052	0,26		
II (oxyde de cuivre)...	0,3005	0,6954	63,11	0,0152	0,56		
III.....	0,1407					$45^{cm^3},06$ (19°-758^{mm})	36,55
IV.....	0,0905					$28^{cm^3},4$ (17°-761^{mm})	36,31

	Calculé pour $(C^2N)^n$.
C pour 100.....	63,15
N pour 100.....	36,84

[1] Ch. Moureu, *Réfraction moléculaire et dispersion moléculaire des composés à fonction acétylénique* (*Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. VII, avril 1906).

[2] *Loc. cit.*

Les résultats, comme on voit, sont très satisfaisants. Les petites quantités d'eau pesées sont manifestement imputables aux erreurs d'expériences.

Densité de vapeur. — La méthode de V. Meyer nous a donné, dans la vapeur de toluène (110°), les chiffres 2,89 et 2,78, dépassant sensiblement la valeur 2,629 exigée par la formule C^4N^2. Nous avons pensé que la distance des points d'ébullition du toluène et du sous-azoture de carbone (110° — 76° = 34°) était insuffisante.

D'un autre côté, le fait que le corps prend feu à l'air vers 130° nous interdisait d'opérer à une température notablement supérieure à 110°. Nous avons eu recours, en conséquence, à la méthode d'Hofmann. Six expériences, exécutées à des températures allant de 56° à 184°, nous ont donné les résultats suivants :

Température.	Densité.
56° (vapeur d'acétone)	2,604
80 (» de benzène)	2,531
100 (» d'eau)	2,516
110 (» de toluène)	2,543
135 (» de xylène)	2,560
184 (» d'aniline)	2,574
Densité calculée pour C^4N^2	2,629

Remarque. — Le sous-azoture de carbone, en raison de sa nature si simple et si spéciale à la fois, mérite une étude approfondie au double point de vue physique et chimique. Notre intention est de la poursuivre méthodiquement, tout en cherchant à préparer d'autres corps analogues.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les effets chimiques et biologiques des rayons ultraviolets.* Note de M. **Maurice Lombard**, présentée par M. A. Haller.

Au cours d'une série de déterminations j'ai cherché à élucider quelques-uns des problèmes qui se posent actuellement sur le mécanisme d'action et sur les effets chimiques des lampes en quartz à vapeur de mercure.

Une série de Communications, du reste contradictoires, ont été faites, ici même, sur les propriétés des lampes de Kromayer. Les uns admettent que leur action sur

l'air, ou sur l'eau, ne donne pas lieu à la formation d'ozone ou d'eau oxygénée (1); d'autres affirment le contraire (2). On admet aussi tour à tour que la présence de l'air est indispensable pour que les rayons ultraviolets manifestent leurs propriétés antiseptiques (3), puis que l'oxygène est inutile (4). Enfin MM. Courmont, Nogier et Rochaix, expérimentant l'action de ces radiations sur divers composés (5), disent qu'il n'y a pas d'action sur les nitrates et peu sur les matières organiques et les nitrites. Les nitrites seraient même plutôt détruits.

Les expériences qui suivent ont été faites avec une lampe en quartz, de 40^{cm} de longueur. Elle fonctionnait immergée dans une cuve en laiton, argentée intérieurement, ayant comme dimensions : $0^{m},51$ de long, sur $0^{m},12$ de large et $0^{m},125$ de hauteur. On y mettait environ 6^{l} de liquide. La lampe a fonctionné sous 5 ampères et 110 volts.

Je me suis d'abord proposé de rechercher s'il se formait de l'eau oxygénée et si, dans l'affirmation, elle était la cause des propriétés stérilisantes de la lampe. L'eau traitée agissait très bien sur l'iodure de potassium en liqueur acétique. J'ai cherché à suivre avec ce réactif commode la formation de l'eau oxygénée, dont la présence me semblait démontrée, en essayant de faire varier sa production. Espérant augmenter le rendement, j'ai substitué à l'eau de Vanne alcaline, employée tout d'abord, de l'eau légèrement acidulée. Le rendement a diminué. L'eau distillée essayée ensuite ne donnait presque plus rien, mais celle-ci donne des résultats comparables à ceux de l'eau de Vanne si on lui ajoute des nitrates.

La mise en liberté de l'iode n'était donc pas due, au moins pour la plus grande part, à l'eau oxygénée, mais aux nitrites formés par réduction des nitrates. J'ai caractérisé leur présence par divers réactifs basés sur la formation de colorants azoïques; il ne peut donc y avoir aucun doute.

De l'eau distillée, additionnée de 20^{mg} de $NO^{3}K$ au litre, donne, au bout de temps variant de 5 à 10 secondes, des traces de nitrites (moins de $0^{mg},1$ au litre), mais parfaitement nettes au réactif à l'acide sulfanilique et la naphtylamine. Ils seraient dosables par ce réactif.

D'autre part, le procédé de Grandval et Lajoux, relativement bien moins sensible, accuse une diminution très nette des nitrates au bout de 20 minutes.

---

(1) Courmont, Nogier et Rochaix, *Comptes rendus*, 12 juillet 1909, p. 160, et Bordier et Nogier, *Comptes rendus*, 10 août 1908, p. 354.

(2) Miroslaw Kernbaum, *Comptes rendus*, 26 juillet 1909, p. 273, et Van Aubel, *Comptes rendus*, 29 novembre 1909, p. 983.

(3) Victor Henri et Schnitzler, *Comptes rendus*, 26 juillet 1909, p. 312.

(4) Mlle Cernovodeanu et Victor Henri, *Comptes rendus*, 3 janvier 1910, p. 52.

(5) *Loc. cit.*

	NO^2K au litre.
	mg
Au bout de 1 minute on trouve.....	0,3
» 5 minutes »	0,5
» 15 » »	1,5
» 20 » »	2,5

Cette formation des nitrites est tellement nette, qu'elle pourrait certainement servir à mesurer l'intensité d'action des lampes de Kromayer, en les dosant avec le réactif de Griess.

Cette propriété des rayons ultraviolets est remarquable, surtout si l'on admet qu'ils puissent aussi donner de l'eau oxygénée. Or je crois que les conclusions de M. Miroslaw Kernbaum sont parfaitement acceptables. De l'eau traitée, ne contenant pas de nitrites, m'a donné une décoloration du permanganate de potassium en liqueur acide et une coloration de KI. Ces réactions dans ce cas sont faibles, mais suffisamment nettes. Pour ces temps brefs d'action, l'acide titanique ne m'a rien donné. M. Kernbaum ayant montré qu'il se dégageait de l'hydrogène qui se formerait en vertu de la formule

$$2H^2O = H^2O^2 + H^2,$$

il y a peut-être là une cause de la réduction des nitrates.

L'instabilité de l'acide nitreux explique les faibles résultats en liqueur acide.

Dans ces différentes expériences, je suivais en même temps l'action bactéricide en ensemencant du *bacillus coli*. Je n'ai pas constaté de changement dans la vitesse de stérilisation, avec la plus ou moins abondante formation des corps considérés. J'ai fait les mêmes essais avec de l'eau bouillie, aérée ou non, ou encore refroidie dans un courant de CO^2. Il n'y a pas non plus de différences.

On doit donc admettre que le pouvoir stérilisant des lampes en quartz à vapeur de mercure est bien dû à une action abiotique propre aux rayons ultraviolets qu'elles émettent sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir ozone ou eau oxygénée. Ces corps, une fois formés, ont sans doute leur action, mais elle est incomparablement plus faible, étant donnée leur minime quantité.

J'ai pu constater que les tubes de Geissler en quartz ont la même action sur les nitrates. Elle est seulement plus faible.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles observations sur l'individualité de la cellase.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Holderer**, présentée par M. E. Roux.

Les expériences que nous avons publiées l'année dernière [1] ont établi la présence, dans le mycélium d'*Aspergillus niger* et dans les graines de plusieurs plantes, d'une diastase pouvant séparer le cellose en deux molécules de glucose. Mais, comme les préparations diastasiques utilisées au cours de ces expériences renfermaient plusieurs espèces de diastases, nous avons dû chercher si le dédoublement du cellose était provoqué par une diastase déjà connue ou bien s'il y avait lieu d'admettre l'existence d'une diastase nouvelle, d'une cellase.

Nous avons montré dans notre première Note que ni la maltase, ni la sucrase n'agissent sur le cellose. E. Fischer et G. Zemplén ont publié, d'autre part, une expérience d'après laquelle la lactase du kéfir est aussi sans action sur le même sucre [2]. Il ne restait donc plus qu'à examiner si la cellase est différente de l'émulsine et de la tréhalase.

E. Fischer et G. Zemplén pensent que l'émulsine dédouble le cellose, mais ils ont opéré avec une préparation commerciale, tirée des amandes, qui renfermait certainement plusieurs diastases. Nos expériences, basées sur la filtrabilité différente des diastases et sur l'influence, signalée la première fois par l'un de nous [3], qu'exerce la réaction du milieu sur cette filtrabilité, montrent, au contraire, que la cellase et l'émulsine se comportent comme deux diastases distinctes.

De la macération d'*Aspergillus* fut divisée en trois portions : la première fut additionnée de soude jusqu'à légère alcalinité à la phtaléine; la seconde fut laissée à l'état naturel; la troisième, enfin, reçut de l'acide chlorhydrique jusqu'à presque neutralisation à l'hélianthine. Les trois portions furent alors filtrées à la bougie : on rejeta le premier tiers de chaque liquide, destiné au lavage et à la saturation des bougies, puis, sur le reste, on préleva aseptiquement 50^{cm^3}.

Le liquide alcalinisé reçut juste assez d'acide chlorhydrique titré et stérilisé pour rétablir la réaction naturelle. Celui qui avait été, au contraire, additionné d'acide chlorhydrique reçut de la soude aussi titrée et stérilisée. Quant au liquide de la

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1385.

(2) *Ann. der Chem.*, t. CCCLXV, 1909, p. 1.

(3) M. Holderer, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1153.

seconde portion, il fut mélangé à la fois d'acide et d'alcali de manière à rendre son volume égal à celui des deux précédents, sans toutefois en changer la réaction.

Ceci étant préparé, on fit agir séparément les trois solutions sur des quantités équimoléculaires de cellose et d'amygdaline placées dans des tubes bouchés avec de l'ouate et préalablement stérilisées à + 115° pendant 15 minutes. On s'était assuré, par une série d'expériences préliminaires, qu'une telle stérilisation ne transformait pas l'amygdaline (le pouvoir rotatoire reste absolument le même) et qu'elle n'hydrolysait pas le cellose.

Les quantités mises en expériences ont été : avec le cellose, de $0^g,050$ dans 4^{cm^3} des liquides diastasiques; avec l'amygdaline, de $0^g,373$ dans 20^{cm^3} de ces mêmes liquides.

Les tubes qui contenaient les mélanges sucrés ont été mis au thermostat, simplement bouchés avec leur tampon d'ouate; mais ceux qui renfermaient le glucoside ont été, au contraire, scellés à la lampe pour éviter les pertes ultérieures d'acide cyanhydrique. Après 40 heures à + 37°, l'analyse a donné les résultats que voici :

1° Pour le cellose :

	Cuivre réduit.	Sucre dédoublé pour 100 environ.
	mg	
Avec la macération filtrée alcaline	95	78,5
» filtrée à l'état naturel	96	82,0
» filtrée après addition d'acide chlorhydrique	77	21,5

2° Pour l'amygdaline :

	Acide cyanhydrique.	Glucoside dédoublé pour 100.
	mg	
Avec la macération filtrée alcaline	13	66
» à l'état naturel	16,5	84
» après addition de HCl	7,6	38,5

Il est facile de voir, en comparant ces résultats, que la cellase et l'émulsine ont filtré d'une manière différente et, de plus, qu'elles ont été influencées inégalement par la réaction du milieu. Tandis, par exemple, que la neutralisation presque complète de la macération d'*Aspergillus niger* à l'hélianthine a réduit à peu près au quart le passage de la cellase à travers la bougie de porcelaine, elle a réduit seulement à la moitié environ celui de l'émulsine. L'action légèrement destructrice de la soude s'est fait sentir, d'autre part, beaucoup plus sur l'émulsine que sur la cellase.

Ce sont là autant de différences qui tendent à faire considérer la cellase comme distincte de l'émulsine.

Nous avons réussi enfin à différencier la nouvelle diastase de celle qui attaque le tréhalose en nous servant d'une préparation diastasique extraite des amandes d'abricot. Tandis que cette préparation hydrolyse nettement le cellose, ainsi que nous l'avons mentionné antérieurement, elle est tout à fait inactive vis-à-vis du tréhalose.

En résumé il existe donc une diastase spécifique du cellose. Cette diastase, que nous proposons d'appeler *cellase*, se trouve, plus ou moins mélangée avec d'autres espèces diastasiques, dans des organes appartenant à des végétaux divers : amandes de l'abricotier et de l'amandier, graines de l'orge, mycélium de l'*Aspergillus niger*, etc. (¹). Nous n'en avons pas trouvé dans le sérum de cheval, du moins en proportion appréciable, ni dans la levure haute, ni, enfin, dans la macération glycérinée de *Russula queletii*.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La photographie de la voix dans la pratique médicale.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Si, au cours d'un traitement, il est indispensable de mesurer d'une façon précise les variations de l'acuité auditive (²), il est tout aussi important, dans les mêmes conditions, d'inscrire les notes que peut chanter un larynx malade.

Dans un travail présenté à l'Académie des Sciences le 23 mars 1908, j'ai décrit un appareil qui permet de photographier, sans aucune manipulation spéciale, les vibrations de la voix sur une bande de papier de 25^m de longueur (*fig.* 1). Chaque ligne dure à volonté $\frac{1}{n}$ de seconde, n étant égal à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

J'ai pensé que cette méthode pouvait être utile aux médecins en leur permettant de constater et de faire constater aux malades l'état de leur voix avant et après un traitement.

Technique. — Je fais chanter une ou deux gammes sur une voyelle, A, par exemple; les différentes notes (piquées) sont séparées les unes des autres par un intervalle de repos (représenté sur le tracé par une ligne droite); des épreuves sont prises au commencement, à la fin et au cours du traitement si on le juge nécessaire.

(¹) Des expériences récentes de H. Pringsheim et G. Zemplén, sur l'action hydrolysante du suc extrait à la presse de 13 espèces de moisissures vis-à-vis de plusieurs sucres, parmi lesquels le cellose, conduisent à faire admettre la présence de la cellase dans 4 de ces espèces (*Zeitsch. physiol. Chem.*, t. LXII, 1909, p. 367).

(²) *Mesure et développement de l'audition par la sirène à voyelles :* travail couronné par l'Académie de Médecine (1902).

En comparant les épreuves prises à différentes époques, on peut voir et faire voir au sujet les étapes vers la guérison.

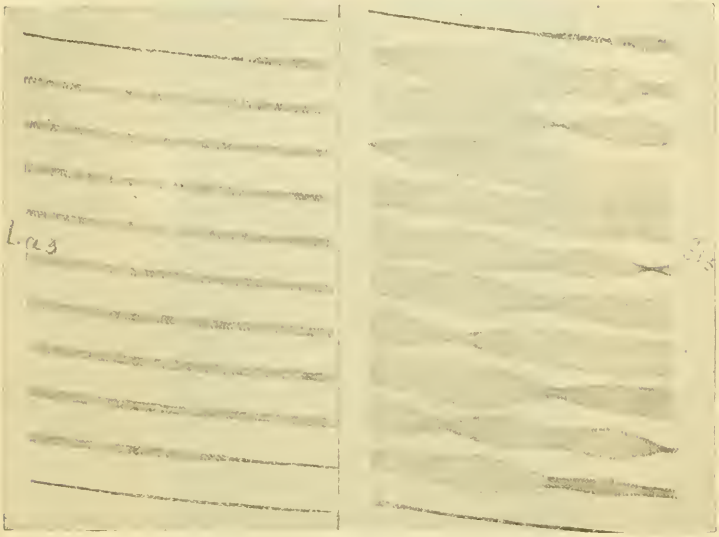


Fig. 1. — Tracés de deux notes en vraie grandeur : la_3 bien chanté; si_3 mal chanté; voix chevrotante avec coup de glotte au début.

J'ai eu l'occasion de photographier un grand nombre de voix, je donne aujourd'hui simplement deux exemples qui montrent les progrès réalisés par deux malades du Dr Conta : mon rôle a consisté simplement à prendre les tracés, à les interpréter et à guider le traitement.

Premier cas : double nodule des chanteurs (tessiture de mezzo sol_2 à mi_4). — La place manquant ici pour faire voir les tracés complets, j'ai choisi une seule note, le la_3, prise à différentes époques du traitement ; la vitesse du papier n'était pas la même dans tous les tracés ; chaque fois elle était chronométrée et l'on savait exactement la durée de chaque ligne.

Tracé 1 (début). — La voix est presque nulle et c'est à peine si l'on distingue les vibrations.

Tracé 2 (15 jours après). — L'amplitude du tracé augmente un peu et par conséquent la voix a plus d'intensité, mais elle chevrote, ce que montre le tracé en fuseaux.

Tracé 3 (6 mois plus tard). — L'intensité de la voix augmente mais le chevrotement persiste.

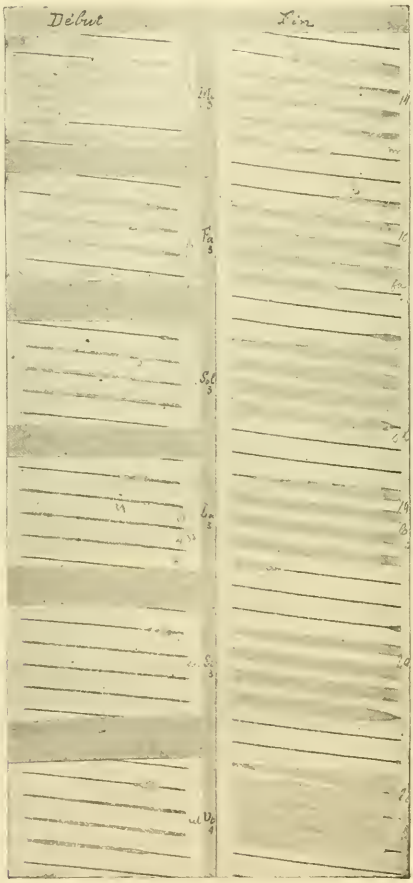


Fig. 2. — Échelle $\frac{1}{2}$: Pharyngite catarrhale; tracés pris au début et à la fin du traitement.

Tracé 4 (18 mois après le début). — L'intensité de la voix est normale et le chevrotement qu'on soupçonne sur le tracé n'est plus perceptible à l'oreille.

Second cas : pharyngite catarrhale (tessiture de soprano la_2 à la_4). — Les tracés représentent les notes, de mi_3 à ut_4; à gauche, au début; à droite, à la fin du traitement (*fig.* 2).

Au début l'intensité des diverses notes est inégale, ce qu'on reconnaît à l'amplitude variable des tracés. Les notes mi_3 et fa_3 sont chevrotantes; les notes sol_3, la_3, si_3, ut_4, sont mal attaquées, car au début de chaque note on constate un coup de glotte très marqué, caractérisé par la partie renflée qui se trouve au commencement du tracé de chacune de ces notes.

A la fin du traitement, l'intensité est constante très sensiblement, le chevrotement est à peine perceptible sur les deux premières notes et les coups de glotte ont disparu, la voix a repris ses qualités antérieures.

Conclusions. — La photographie des vibrations laryngiennes permet de faire voir d'une façon très nette l'état de la voix au début et à la fin d'un traitement. Ce procédé est un guide pour le praticien dans la marche des soins à donner et, dans certains cas, ces tracés pourraient ne pas être inutiles au malade et au médecin.

Est-il possible, comme on le fait avec la sirène à voyelles, de diagnostiquer la nature de la lésion d'après la forme du tracé ? C'est une question que j'étudie en ce moment, mais que je n'ai pas encore complètement résolue. Cependant il semble bien que certaines lésions soient caractérisées par certains tracés.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Conséquences de l'hypothèse d'Young. De la sensation du blanc binaire.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. J. Violle.

Il existe un nombre indéterminé de lumières blanches binaires, ternaires, etc. Physiologiquement, la sensation est la même pour tous ces mélanges [1].

Mon but est d'appeler l'attention sur la sensation du blanc qui résulte toujours du mélange de deux sensations colorées, quand elles ne sont pas complémentaires. Cette sensation est inséparable de celle d'une troisième couleur, qui se forme en même temps, et dont la nuance et l'intensité de coloration peuvent être déterminées par l'expérience directe et par une construction géométrique.

---

[1] *Comptes rendus*, t. XCII, p. 244; t. XCIII, p. 207 et 357; t. XCV, p. 1275; t. CXLVIII, p. 1312.

Il résulte de la théorie d'Young qu'à la vue d'une surface blanche, l'œil éprouve, à son insu, les trois sensations colorées primaires, dans leur plus grande intensité pour un éclairage déterminé. Si à cette donnée on ajoute la condition que la sensation du blanc provient de l'excitation *égale* des trois sensations colorées primaires, le blanc devient l'unité de mesure pour ces trois couleurs, dont chacune représente alors, en intensité, le tiers de celle du blanc.

Cette dernière peut être mesurée avec précision à l'aide des disques tournants.

Première expérience. — La surface d'un disque est formée par trois secteurs colorés a, b, c, représentant chacun l'une des couleurs fondamentales, dont l'intensité de coloration est telle qu'on ait par rotation rapide

$$120a + 120b + 120c = 70 \text{ blanc.} \tag{1}$$

Deuxième expérience. — Avec les couleurs a et c on couvre un disque et l'on copie avec des matières colorantes le résultat du mélange. Soit d cette couleur :

$$180a + 180c = 360d,$$

ou

$$120a + 120c = 240d. \tag{2}$$

Troisième expérience. — En formant un disque avec la couleur d et sa complémentaire c, on trouve

$$239d + 121b = 70 \text{ blanc,}$$

ou très sensiblement

$$240d + 120b = 70 \text{ blanc,} \tag{3}$$

comme cela devait être d'après (1) et (2).

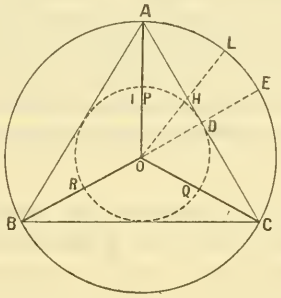
L'expérience (3) indique que l'intensité de coloration de d est *moitié* de celle de b, mais que *l'intensité lumineuse totale est restée la même*. Malgré la diminution considérable de la coloration, rien ne disparaît comme sensation lumineuse; ce qui est perdu comme intensité de coloration se retrouve en intensité lumineuse totale [1].

En transportant ces données dans une figure géométrique, le point O représente le noir absolu; de ce point partent trois lignes distantes de 120° représentant les trois sensations fondamentales. Ces lignes auront des

---

[1] *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1882, p. 387-389, et *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1412.

longueurs proportionnelles aux intensités de coloration; à leur extrémité se trouveront les trois couleurs A, B, C, que nous admettrons égales entre elles. Une couleur binaire H aura sa place sur le côté AC du triangle ABC, équilatéral. La ligne OH représente dès lors l'intensité de coloration et la ligne OL son intensité lumineuse totale.



La ligne OH variera de longueur avec les diverses positions de H. Son maximum sera $AO = \frac{1}{3}$ et son minimum $OD = \frac{1}{6}$.

En ce point, situé à égale distance de A et de C, l'intensité de la sensation du blanc binaire, représentée par DE, est égale à celle de l'intensité de coloration OD, leur somme OE constituant l'intensité lumineuse totale, qui reste constante pour tous les mélanges de A et de C et égale à $\frac{1}{3}$. On voit que si les sensations primaires peuvent être définies chacune par *un seul point*, il en faut *deux* pour définir chaque couleur binaire, l'un H situé sur le périmètre du triangle, l'autre L placé sur la circonférence.

La table des couleurs ne doit donc pas être figurée par un triangle, ainsi que le pensaient Maxwell (¹) et Helmholtz (²), mais par un triangle inscrit dans un cercle.

On a ainsi des couleurs dont l'intensité de coloration varie du simple au double, et qui sont d'autant plus lavées de blanc qu'elles sont plus rapprochées du milieu du côté du triangle.

(¹) Maxwell, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, t. XXI, 1855, p. 275-298.

(²) Helmholtz, *Optique physiologique* (traduction E. Javal et Th. Klein), p. 373.

La formation de ce blanc binaire porte à trois le nombre des espèces de blanc dont il faut tenir compte dans les études sur le mélange des couleurs. Ce sont : 1° la sensation du blanc due à la diffusion superficielle de la lumière blanche incidente; 2° le blanc binaire inhérent à la coloration; 3° le blanc surajouté pour faire le rabat des couleurs.

En résumé, l'expérience et la théorie sont d'accord pour constater la formation constante du blanc par le mélange de deux couleurs. De ce fait, l'intensité de coloration des mélanges binaires varie entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{6}$ de l'intensité du blanc pour un même éclairage, mais leur intensité lumineuse totale reste constante. Dans la construction géométrique traduisant la théorie d'Young, chaque couleur binaire est *définie par deux points*.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *L'association des sensations chez les animaux.* (*La loi de récurrence.*) Note de M. **P. Hachet-Souplet**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les expériences de dressage sont très instructives au point de vue des lois de l'association des sensations chez les animaux.

Pour obtenir, d'après la méthode des dresseurs professionnels, qu'un animal, à un signal particulier, n'ayant sur ses pareils aucun effet dynamogène, exécute des mouvements déterminés, on commence par faire ce signal en présence du sujet (c'est là une excitation n'éveillant que des sensations représentatives), puis on détermine chez lui, aussitôt après, au moyen d'excitations convenables, des sensations affectives et provoquant naturellement les mouvements qui constitueront, plus ou moins grossièrement, l'exercice que l'on a en vue. Or, quand on a répété fréquemment le même signal, toujours *avant* les excitations provoquant des sensations affectives dynamogènes, on peut finalement supprimer ces dernières excitations : le signal est devenu, lui aussi, dynamogène. Il détermine les réactions parce que les sensations représentatives auxquelles il correspond se sont associées aux sensations affectives et les rappellent dans le champ de la mémoire. Plus tard, les attitudes que prend le dresseur, *avant* de faire le signe *déclencheur*, deviennent également des signaux dynamogènes auxquels le sujet obéirait si l'on n'y remédiait, afin d'éviter le désordre. Il faut en conclure que des associations successives se sont formées dans le sens opposé à celui de la succession des excitations. Ce qui, d'ailleurs, n'empêche pas la *chaîne* psychique de se reproduire invariablement dans

l'ordre des excitations. Le phénomène consiste donc en ce que cette chaîne est rattachée à des antécédents psychiques de plus en plus anciens.

C'est ainsi que, dans les exhibitions comprenant plusieurs animaux *savants*, un sujet A, devant *travailler* après un sujet B, finit par ne plus attendre l'ordre du maître et descend de son escabeau dès que B a terminé ses exercices. Ce sont alors les sensations représentatives correspondant à la fin des exercices de B qui sont devenues dynamogènes pour A. Plus tard encore, A n'attendra même plus la fin des exercices de B pour venir au maître, il sera mis en mouvement par la vue de certains actes de B et il faudra que le dresseur rétablisse l'ordre par un *redressage*.

Au point de vue purement psychologique, il s'agit ici de ce que nous avons appelé la *loi de récurrence* (Congrès de Psychologie, août 1909).

Le dressage fait ressortir très clairement cette loi; mais elle s'applique nécessairement aux animaux vivant à l'état de nature, et elle explique des *prévisions* instinctives qui ont paru raisonnées à certains auteurs.

En effet, lorsque des phénomènes extérieurs se reproduisent à époques fixes, si la *chaîne* psychique d'abord, exactement parallèle à certains d'entre eux et aboutissant à une réaction, est rattachée successivement à des souvenirs de plus en plus anciens, qui deviennent dynamogènes, la réaction aura une tendance à se produire trop tôt, à devancer les circonstances extérieures dans lesquelles elle se produisait d'abord. Il n'y a plus alors synchronisme, mais prévision : ce qui peut être utile ou nuisible à l'espèce.

Dans le premier cas, la faculté de prévoir reste acquise et se développe. Il est permis de supposer que les espèces qui, à l'automne, quittent le Nord pour un climat plus chaud, sont d'abord parties seulement à l'époque où la nourriture leur manquait, puis, quand la diminution de la chaleur (qui précède et détermine la raréfaction de la pâture) était venue ; et qu'elles partent maintenant quand certains signes précurseurs du froid se produisent, par exemple, la diminution de la longueur du jour. Il est peut-être nécessaire que plusieurs signes soient donnés ; et leur manque éventuel de concordance pourrait expliquer certaines irrégularités dans les départs.

Le second cas se présente chaque fois qu'un fonctionnement organique ne peut se produire qu'entre des limites de temps étroites, tracées par des phénomènes extérieurs. Exemple : le rythme des marées, qui règle la vie des animaux marins littoraux. Tout acte tendant à ce fonctionnement et arrivant trop tôt serait alors funeste; mais, de ce fait même qu'un rythme physiologique existe nécessairement chez l'animal, le synchronisme psychologique est maintenu; les sensations présentes, restant forcément en relation constante avec le milieu, règlent la conduite de l'animal.

On pourrait objecter que si la loi de récurrence avait, à part le cas de synchronisme imposé, une portée générale, les animaux purement instinctifs ne s'adapteraient jamais à des circonstances extérieures nouvelles se pro-

duisant nécessairement à *la suite* des impressions anciennes; mais il se forme de nouveaux *noyaux d'association*.

Il semble que le fait de pouvoir associer facilement toutes leurs sensations dans les deux sens, aussi bien dans l'ordre des excitations que dans l'ordre inverse, constitue, chez quelques animaux supérieurs (comme certaines espèces de singes, que nous avons étudiées à ce point de vue) un immense progrès, lié à la formation de l'intelligence. En effet, tant qu'une association est récurrente, le but d'un acte auquel les sensations représentives associées sont liées, doit forcément échapper à l'animal, au moment même où l'association se fait. Il se trouve au degré psychologique d'un homme chez qui les impressions causées par toute phrase, écrite ou prononcée, s'associeraient les unes aux autres dans le sens contraire à celui où la signification de la phrase se complète.

EMBRYOLOGIE. — *Sur la structure et la signification de la membrane qui enveloppe la sphère vitelline de l'œuf des Oiseaux.* Note de M. A. **Lécaillon**, présentée par M. Henneguy.

On sait que la sphère vitelline, dans l'œuf des Oiseaux, est entourée par une enveloppe assez résistante qu'on regarde généralement comme une membrane vitelline, c'est-à-dire comme un produit de l'œuf lui-même. Dans cette manière de voir, l'œuf sécréterait à sa surface, ou différencierait dans sa région périphérique, l'enveloppe dont il s'agit. C'était l'opinion de Balfour et c'est encore celle de R. Hertwig et de la plupart des embryogénistes modernes.

Mais une autre opinion a été soutenue par quelques auteurs. Balbiani, dans ses *Leçons sur la génération des Vertébrés* (1879), dit que la membrane du jaune n'est pas homogène, mais formée de fibrilles entrecroisées dans tous les sens. Il ajoute avoir vu, chez la Poule, à la surface et même dans l'épaisseur de cette membrane, des cellules détachées de la paroi du follicule ovarien, et il en conclut que la prétendue membrane vitelline doit être regardée en réalité comme un chorion.

J'ai repris l'étude de cette question en m'adressant non pas à la Poule qui, surtout si l'on examine l'enveloppe de la sphère vitelline dans l'œuf pondu, paraît être un type défavorable à ce point de vue, mais au Merle (*Turdus merula* L.).

Dans l'œuf nouvellement pondu de ce Passereau, l'enveloppe de la sphère

vitelline comprend trois couches superposées régulièrement l'une à l'autre et que je désignerai ici, pour la commodité de la description, par les noms de *couche interne* (celle qui repose directement sur le vitellus), *couche moyenne* et *couche externe* (celle sur laquelle repose l'albumen de l'œuf).

L'épaisseur totale de l'enveloppe paraît être en moyenne de 15^{μ} à 20^{μ}, mais susceptible d'assez grandes variations, ce qui s'explique facilement, comme on va le voir.

La couche interne est ordinairement la plus mince des trois et a une épaisseur assez constante d'environ 3^{μ}. On n'y distingue aucune cellule ni aucun noyau cellulaire. Elle peut être assimilée soit à une membrane vitelline, si elle dérive de l'œuf, soit à un chorion, si elle dérive de l'épithélium folliculaire. Actuellement je ne puis me prononcer sur ce point.

La couche moyenne, environ 2 à 3 fois plus épaisse que la couche interne, est le reste d'*un épithélium* formé d'une seule assise de cellules. Mais ces cellules sont en voie de dégénérescence très avancée. Leur noyau est encore cependant très reconnaissable pour un grand nombre d'entre elles. Leur cytoplasma est très vacuolé. En conséquence de l'état dégénérescent de l'épithélium, son épaisseur est un peu variable suivant les points où on le considère.

La couche externe est formée de *tissu conjonctif fibrillaire*. On y reconnaît la présence de restes de petits noyaux allongés dans le sens tangentiel par rapport à la surface de la sphère vitelline et de fibrilles orientées dans le même sens.

Or, si l'on considère l'œuf ovarien des Oiseaux à un stade avancé de son évolution, on trouve autour de lui un follicule ayant exactement les trois couches que je viens de décrire dans l'œuf pondu du Merle.

La couche interne, appelée ordinairement *membrane vitelline de l'œuf ovarien*, ne diffère pas de celle qu'on observe dans l'œuf pondu.

La couche moyenne ou *granulosa* est un épithélium prismatique, beaucoup plus net, il est vrai, que dans l'œuf pondu, mais cette différence tient uniquement à ce que, dans l'œuf ovarien, l'épithélium n'est encore que peu ou pas en voie de dégénérescence.

Autour de l'épithélium du follicule, la couche conjonctive ou *theca* est beaucoup plus épaisse que la couche externe de l'enveloppe de l'œuf pondu; elle est en effet formée de nombreuses strates conjonctives superposées. Mais il n'y a là qu'une différence de quantité.

Ces faits montrent que, en se détachant de l'ovaire, la sphère vitelline de l'œuf des Oiseaux emporte autour d'elle une enveloppe qui n'est ni une simple membrane vitelline ni même un simple chorion dépourvu de structure cellulaire. Elle comprend la couche interne, la *granulosa* et une partie *plus ou moins épaisse* de la *theca* du follicule. Je propose de désigner cette

enveloppe sous le nom de *capsule vitelline*. Cette capsule protège la sphère vitelline pendant qu'elle traverse l'oviducte, pendant qu'il se dépose autour d'elle la couche albumineuse, puis la membrane coquillière et la coquille, et ensuite pendant qu'il s'y forme un embryon. Mais la dégénérescence des cellules qui entrent dans sa composition, déjà commencée au moment où l'œuf se détache de l'ovaire, continue ensuite, de sorte que généralement, dans l'œuf pondu, il est difficile ou impossible d'en retrouver les traces. C'est ce qui explique pourquoi, jusqu'ici, les embryogénistes se sont trompés sur la vraie nature de l'enveloppe qui entoure la sphère vitelline de l'œuf des Oiseaux.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Cenomanien fossilifère dans les Alpes calcaires de la Haute-Savoie.* Note de M. **Léon-W. Collet**, présentée par M. Michel Lévy.

La présence de Cénomanien fossilifère n'avait pas encore été signalée dans les Alpes calcaires de Savoie où, suivant les auteurs, les calcaires sublithographiques du Sénonien reposent directement sur les grès noirs glauconieux de l'Albien.

En étudiant à nouveau la coupe géologique détaillée du versant sud de la montagne des Avoudruz, sur la rive droite du Giffre en amont de Sixt, j'ai eu la bonne fortune d'y découvrir la présence de Cénomanien à *Schloenbachia varians* Sow. et *Turrilites costatus* Lam.

J'ai relevé sur la face sud des Avoudruz la coupe suivante des chalets de Salvadon au sommet : une première série normale allant de l'Infravalangien au Crétacique supérieur, supportant une nouvelle série normale qui comprend : Rhodanien, Aptien, Gault et Crétacique supérieur. Ce dernier terme forme, un peu au sud-ouest du sommet, un synclinal avec charnière visible tournée au sud et supporte sur le sommet même une partie de tête anticlinale repliée dans laquelle apparaissent le Gault, l'Aptien et enfin, au sommet, le Rhodanien. Cette coupe est nettement différente de celle d'Alphonse Favre, qui fut reproduite par tous les auteurs qui ont traité de cette région.

C'est au-dessus du deuxième affleurement de Gault de la coupe ci-dessus, à l'altitude d'environ 2500^{m}, qu'on voit le Cénomanien fossilifère. Cette couche, qui n'a pas $0^{m},50$ d'épaisseur, forme une zone de transition entre les grès noirs glauconieux à *Mortoniceras inflatum* Sow., et les calcaires sublithographiques, gris blanc, du Sénonien.

En coupe mince, le Cénomanien apparaît comme un calcaire à ciment vaseux extrêmement fin contenant des coquilles de foraminifères et des minéraux. Parmi les premiers, nous citerons tout d'abord les Orbulines, puis les Globigérines et enfin de rares Pulvinules. Les minéraux sont représentés par de la glauconie en grains, de la pyrite souvent décomposée et du quartz. Ce dernier se rencontre parfois à l'état roulé; son diamètre maximum ne dépasse pas $0^{mm},3$. Sous le microscope on voit encore mieux que ce sédiment marque bien un terme de passage entre les grès noirs terrigènes de l'Albien, uniquement constitués par de la glauconie et du quartz, et les calcaires à facies pélagique du Sénonien à ciment vaseux calcaire très fin ne contenant que des foraminifères. On suit ainsi, dans cette région, l'approfondissement graduel du bord septentrional du géosynclinal dauphinois.

Le Cénomanien à *Schl. varians* a été signalé par Renevier à Cheville dans la nappe de Morcles, sur la rive droite du Rhône. Le massif autochtone du Giffre étant le berceau de cette dernière nappe, nous devons nous attendre à retrouver le Cénomanien soit dans les Dents Blanches de Champéry, soit dans les Dents du Midi. Dans la nappe des Diablerets, le Crétacé moyen et supérieur, comme l'a montré Renevier, manquent totalement.

Il faudra chercher désormais le Cénomanien plus au Sud-Ouest, de façon à pouvoir raccorder le Cénomanien du Vercors avec celui du Giffre.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des formes glaciaires alpines.* Note de M. E. **de Martonne**, présentée par M. Michel Lévy.

L'application des principes de la Mécanique physique à l'étude du frottement sur le lit des glaciers nous a permis (*Comptes rendus* du 10 janvier 1910) de dégager les lois essentielles de l'érosion glaciaire : faible valeur absolue de cette érosion, qui est presque nulle aux deux extrémités du glacier; variation différentielle très grande en fonction des inégalités du lit avec maximum en amont et en aval des ruptures de pente et des étranglements. Toutes les formes principales des vallées alpines se déduisent logiquement de ces lois, en supposant que la glaciation quaternaire a trouvé dans les Alpes des vallées fluviales relativement jeunes, à profil longitudinal discontinu et à profil transversal plus ou moins large.

Les *bassins de surcreusement* séparés par des *verrous* sont des lieux d'érosion maximum séparés par des lieux de moindre érosion, déterminés soit par une rupture du profil longitudinal, soit par un resserrement du profil transversal. Un certain

nombre de bassins, pour lesquels la théorie de Penck est, de l'aveu même de son auteur, sans explication, n'ont pas d'autre origine. Il est même probable que c'est là l'explication la plus générale, à laquelle on peut ramener tous les cas précédemment invoqués : différence de dureté des roches, confluence et diffluence.

Les *vallées suspendues* sont liées naturellement, comme les verrous, aux bassins de surcreusement. L'explication qui invoque la vitesse et l'épaisseur plus grande du glacier principal pour rendre compte de l'approfondissement plus marqué de la vallée maîtresse, doit être complétée, suivant notre théorie, par une autre considération : dans le système des vallées préglaciaires, il pouvait y avoir des ruptures de pente aux confluents. L'érosion glaciaire plus grande de part et d'autre de pareilles ruptures de pente peut seule expliquer un trait morphologique important des vallées alpines : les bassins de surcreusement, souvent lacustres, au-dessus du débouché des vallées suspendues.

Les *cirques glaciaires* sont des bassins de réception torrentiels, dont la topographie a été profondément modifiée par l'érosion glaciaire : l'étranglement du canal d'écoulement a déterminé un creusement et un élargissement à l'amont. Les parois des cirques sont, comme je l'ai déjà indiqué, la trace du début de l'érosion glaciaire. Notre théorie est la seule qui rende compte logiquement des cirques étagés (Kartreppe), en les faisant dériver de vallées torrentielles à ruptures de pente très accusées.

Les *bassins terminaux* (Zungenbecken) sont dus en partie à la diminution de l'érosion sous la langue terminale du glacier, en partie à l'augmentation de l'érosion que devait déterminer les variations du profil longitudinal et de la section transversale du lit au débouché des grands glaciers quaternaires sur le Vorland alpin. Telle est l'explication la plus générale des *lacs subalpins*. L'examen des Cartes de profondeur confirmerait cette théorie, en montrant que les ombilics sont souvent au débouché des vallées alpines.

Il est possible que les mouvements du sol *antérieurs* à la période glaciaire n'aient pas été étrangers à la formation de certains lacs, comme l'a supposé Heim. Une dépression du bord subalpin, comblée par des sédiments, aurait donné une contrepente virtuelle, que l'érosion glaciaire aurait mise en évidence par un rapide déblaiement des sédiments aux points où débouchaient les grands glaciers, et qui aurait ensuite agi dans le même sens et avec plus de poids qu'une atténuation de pente. Une pareille dépression a probablement existé sur le versant nord des Alpes suisses; elle existe certainement sur le bord des Karpates méridionales (dépression subkarpatique, voir E. de Martonne, *Comptes rendus*, 4 décembre 1899 et 6 mai 1901), où, faute de grands glaciers, elle n'a pas de lacs.

Nous avons donc, dans la théorie mécanique de l'érosion glaciaire, le principe d'un groupement logique des principales formes alpines, à condition d'admettre une période d'érosion fluviale préglaciaire ayant donné des vallées relativement jeunes. Cette supposition est contraire à la théorie des formes glaciaires développée par Penck et Brückner, qui suppose des vallées préglaciaires mûres. Mais elle est d'accord avec les principes de la mécanique du mouvement glaciaire, de même qu'avec un grand nombre de

faits morphologiques, dont quelques-uns n'ont pas encore été mis en lumière.

Divers auteurs ont signalé dans les Alpes suisses et françaises l'existence d'épaulements formant des terrasses rocheuses plus ou moins continues, qui dénotent des creusements successifs pendant la période quaternaire attribués par les uns aux glaciers, par les autres aux rivières. Ces deux hypothèses contiennent une part de vérité. Les creusements fluviatiles interglaciaires réduisent singulièrement la part de l'érosion glaciaire dans l'approfondissement des vallées alpines, ce qui est d'accord avec notre théorie; mais ce n'est que par l'intervention de cette érosion qu'on peut expliquer les anomalies du modelé quaternaire : bassins, verrous, vallées suspendues, cirques et bassins terminaux.

L'alternance des périodes d'approfondissement du thalweg et de modelé glaciaire actif donne seule la clef de traits morphologiques plus complexes observés par nous dans un grand nombre de vallées alpines : doubles et triples épaulements sur les flancs des bassins, liés à l'existence de doubles et triples verrous emboîtés, et de doubles et triples vallées suspendues.

L'étude morphologique détaillée de diverses vallées, au moyen de profils transversaux établis de kilomètre en kilomètre d'après des Cartes en courbes et vérifiés sur le terrain, permet de reconstituer le profil longitudinal de trois vallées glaciaires de plus en plus profondes avec leurs verrous, leurs bassins et leurs vallées suspendues. Il en résulte que les ruptures de pente ont toujours été aux mêmes places, et sont en rapport soit avec la nature des roches, soit avec la tectonique. Nous donnerons prochainement à ce sujet des détails. Retenons seulement la conclusion générale qui se dégage de ces faits : *Il est nécessaire d'admettre des mouvements du sol importants dans les Alpes jusqu'à la fin du Pliocène, mais il n'est pas nécessaire d'admettre une série de mouvements correspondant à chaque phase de creusement interglaciaire.* Il suffit de supposer que le travail de l'érosion fluviale n'a pu être poussé jusqu'à l'établissement du profil d'équilibre avant la période glaciaire, ni pendant les premières périodes interglaciaires.

En résumé, les formes alpines apparaissent comme d'origine très complexe. Pour les expliquer, on ne saurait se contenter de considérer soit la tectonique, soit l'érosion fluviale, soit l'érosion glaciaire. Ces trois facteurs doivent entrer en ligne de compte.

Des mouvements du sol, poursuivis jusqu'au Pliocène supérieur, ont donné des vallées jeunes à profil longitudinal tendu et irrégulier, à profil transversal plus ou moins large suivant la nature des roches et suivant les éléments tectoniques traversés. L'érosion glaciaire a profité de ces inégalités pour former des bassins et des verrous, des vallées suspendues, des cirques et des bassins terminaux. L'érosion interglaciaire tendait à réduire les ruptures de pente les plus fortes, à approfondir les thalwegs en les rapprochant du profil d'équilibre et à régulariser les pentes des versants suivant la nature

des roches. Mais les périodes glaciaires retrouvaient toujours un modelé encore assez heurté pour que la formation des bassins, verrous et autres traits glaciaires reprît nécessairement.

C'est seulement en partant de ces considérations qu'on peut espérer arriver, par une étude minutieuse de chaque vallée, à expliquer toutes les formes alpines, en rapport avec les forces variées qui leur ont donné naissance.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la déviabilité magnétique des rayons corpusculaires provenant du Soleil.* Note de M. **Kr. Birkeland.**

Dans la deuxième section du Volume I de l'Ouvrage : *The Norwegian Aurora Polaris Expedition* 1902-1903 qui paraîtra au cours de cette année, j'ai traité la question de la nature des rayons qui donnent naissance aux perturbations magnétiques et aux aurores polaires.

Ce nouveau Volume contient d'abord : des études sur les perturbations polaires en 1882-1883; puis une comparaison des résultats de mes recherches sur les perturbations magnétiques positives et négatives avec les résultats de nombreuses expériences faites avec une terrella magnétique dans un tube de décharge; ensuite des études sur les courants telluriques observés, accompagnées d'une analyse basée sur les recherches de Lamb (1) et de Hertz (2); des études sur les variations diurnes et annuelles du magnétisme terrestre; enfin, une hypothèse sur l'origine et la conservation du magnétisme terrestre.

Dans mes expériences, je retrouve maintenant d'une manière tout à fait satisfaisante les phénomènes qui, d'après ma théorie, doivent correspondre aux phénomènes principaux des perturbations magnétiques et des aurores polaires.

Mais il est toutefois nécessaire d'admettre que les rayons provenant du Soleil ont une déviabilité magnétique énormément moins grande que les rayons du groupe β que nous connaissons jusqu'ici. Si j'admets que ces rayons sont constitués par des électrons et que les formules de Lorentz (3), si bien vérifiées par Bucherer (4), peuvent s'appliquer encore dans notre cas

(1) *Philosophical Transactions*, t. CLXXIV, 1884, p. 519.
(2) *Gesammelte Werke*, B. I, 1895, p. 37.
(3) *The Theory of Electrons*, 1909, p. 313.
(4) *Annalen der Physik*, t. XXVIII, 1909, p. 513.

très extrême, je trouve que la masse apparente m de ces électrons est d'un ordre mille fois plus grand que la masse m_0 d'un électron à petite vitesse. Ces rayons corpusculaires du Soleil se meuvent donc avec une vitesse qui n'est que d'une centaine de mètres à peu près inférieure à celle de la lumière.

Ces résultats bien extraordinaires et presque décourageants au premier coup d'œil se concilient pourtant bien avec certaines observations.

Plusieurs observateurs ont constaté, dans les régions polaires, que l'aurore peut descendre quelquefois très bas dans l'atmosphère et même jusqu'à la surface terrestre.

Il faut donc admettre que les rayons qui produisent ce phénomène, et que nous supposons venir du Soleil, peuvent traverser notre atmosphère, ce qui revient à pénétrer une couche de 760^{mm} de mercure, en admettant la loi de pénétrabilité d'après les masses.

Cela est aussi d'accord avec l'idée que ces mêmes rayons, avant d'arriver à la terre, ont dû pénétrer l'atmosphère solaire, puisqu'ils proviennent des régions voisines des taches du Soleil.

Nous connaissons jusqu'à présent des rayons β qui traversent 1^{mm} de mercure environ; ils sont accompagnés de rayons γ, encore beaucoup plus pénétrants.

Nous n'avons pas observé les rayons du groupe γ venant du dehors qu'on pourrait soupçonner correspondre à de pareils rayons β venant du Soleil, à supposer toutefois qu'ils n'existent pas dans la radiation lumineuse du Soleil.

Lenard [1] a fait des recherches pour trouver une relation entre la vitesse d'un électron et les coefficients d'absorption pour les rayons correspondants dans des matières différentes.

Il est arrivé à ce résultat, que l'absorption s'accroît de plus d'un million de fois quand on va des rayons β de radium à des rayons cathodiques avec une vitesse égale à un centième de celle de la lumière.

Il paraît donc probable que la pénétrabilité de nos rayons doit être beaucoup plus grande que celle des rayons β de radium: mais on n'a pas encore trouvé une loi simple dont on puisse se servir pour calculer l'absorption quand on connaît la vitesse.

Plusieurs physiciens ont trouvé que les rayons β sont absorbés d'après une loi exponentielle et que la vitesse ne change pas quand les rayons traversent la matière. Mais il paraîtrait que ces résultats ne sont pas sûrs.

Il est possible de donner une explication plausible d'un phénomène étudié

---

[1] *Annalen der Physik*, t. XII, 1903, p. 714.

par Riccò [1] en admettant nos rayons énormément peu déviables émanés des régions des taches solaires. Riccò a observé qu'il y a une différence de temps de 40 à 50 heures entre le passage d'une grande tache au méridien central et le maximum de perturbation magnétique qu'elle produit sur la Terre. Riccò en conclut que la vitesse de propagation des rayons correspondants doit être entre 900^{km} et 1000^{km} par seconde.

J'ai calculé, d'après des formules de Störmer [2], que le Soleil doit avoir un moment magnétique 100 fois environ plus grand que celui de la Terre et inversement aimanté, pour pouvoir dévier nos rayons d'un angle correspondant à ce temps de retard de 40 à 50 heures. D'après mes hypothèses, je me suis aussi attendu à ce que le Soleil fût aimanté en sens opposé à celui des planètes, la rotation étant de même sens.

Cette aimantation générale du Soleil est évidemment indépendante dans une certaine mesure de la forte aimantation locale des taches, découverte par Hale.

SISMOLOGIE. — *Tremblement de terre du 22 janvier 1910.* Note de M. **Alfred Angot**.

Un tremblement de terre éloigné, mais de grande violence, a été enregistré au Parc Saint-Maur dans la matinée du 22 janvier 1910.

Les premières oscillations préliminaires ont débuté à $8^h 53^m 5^s$ (temps moyen de Greenwich), les secondes à $8^h 56^m 55^s$ et les grandes oscillations vers $8^h 59^m 7^s$. Le maximum absolu, pour la composante NS, s'est produit entre $9^h 2^m$ et $9^h 4^m$; les oscillations présentaient alors une durée moyenne de 8 secondes et une amplitude totale qui a dépassé 110^{mm} sur le tracé, ce qui correspond à un mouvement réel du sol de l'ordre du demi-millimètre. Ce sont les oscillations les plus fortes qui aient été constatées jusqu'ici au Parc Saint-Maur, depuis l'origine des observations. L'amplitude des oscillations a diminué ensuite d'une manière irrégulière, présentant de temps en temps des reprises notables. Les mouvements deviennent faibles à partir de $9^h 45^m$, mais on les perçoit encore après $10^h 30^m$.

L'examen des sismogrammes indique que l'épicentre se trouve à une distance d'un peu moins de 3000^{km}, probablement dans le Sud-Est, mais sans que l'on puisse, d'après les observations d'une seule station, se prononcer avec certitude entre cette direction et la direction opposée.

---

(1) *Nature*, 4 novembre 1909.

(2) *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. XXIV, Chap. IV, 1907, p. 121.

Ce tremblement de terre a été également enregistré de la manière la plus nette sur les magnétographes du Val-Joyeux, ce qui montre bien l'intensité exceptionnelle des secousses. On en retrouve la trace même sur la courbe de la composante verticale, qui n'est pas affectée d'ordinaire par des mouvements de cette nature.

SISMOLOGIE. — *Enregistrement d'un tremblement de terre le 22 janvier 1910 à l'Observatoire du Puy de Dôme.* Note de M. **Bernard Brunhes**, présentée par M. E. Bouty.

Le sismographe Bosch-Mainka, qui a été installé au sommet du Puy de Dôme à la fin d'octobre 1909 (dans des conditions provisoires, il est vrai), est en fonctionnement régulier depuis le milieu de novembre. Le 22 janvier 1910, après 9^h du matin, on a enregistré des secousses d'amplitude énorme, présentant tous les caractères d'un tremblement de terre.

La *première phase préliminaire,* indiquée par une série d'écarts de faible amplitude, a commencé à $9^h 1^m 31^s$. La *seconde phase* a commencé à $9^h 5^m 57^s$. Enfin, la *phase principale* a débuté à $9^h 10^m 50^s$. Les secousses sismiques proprement dites ont pris fin à $10^h 8^m$. L'appareil est resté agité toute la journée [1].

Les durées des intervalles qui ont séparé les débuts des diverses phases indiquent une distance de l'épicentre de 3000^{km} à 3500^{km}.

Il y a quelques réserves à faire sur les *heures absolues* indiquées ici. L'heure nous est simplement donnée, chaque matin, par le Bureau télégraphique de Clermont, qui reçoit l'heure de Paris. Mais nos dispositions sont prises, depuis longtemps, pour recevoir à l'Observatoire, par télégraphie sans fil, l'heure exacte de Paris, dès que la Station de la Tour Eiffel sera en mesure de donner quotidiennement le signal de minuit.

M. **Albert Nodon** adresse une Note intitulée : *L'origine planétaire des perturbations solaires.*

---

[1] On cite ici les nombres relevés sur le diagramme de la composante EW. L'examen de la composante NS conduit à des résultats très peu différents.

M. **Harold Tarry** adresse une Note intitulée : *Les grands mouvements de l'atmosphère et la production des inondations.*

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 janvier 1910.

Savants du jour : *Gaston Darboux : Biographie, Bibliographie analytique des écrits*, par Ernest Lebon. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Institut de France. Académie des Sciences. *Notice historique sur le général Meusnier*, Membre de l'ancienne Académie des Sciences, par Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel, lue dans la séance publique annuelle du 20 décembre 1909. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 fasc. in-4°.

Atlas photographique de la Lune, publié par l'Observatoire de Paris, exécuté par M. Loewy et P. Puiseux; 11e fascicule, comprenant : 1° *Études sur la topographie et la constitution de l'écorce lunaire* (suite); 2° Planche *k* : *Image obtenue au foyer du grand équatorial coudé;* 3° Planches LX à LXV : *Héliogravures d'après les agrandissements sur verre de quatre clichés des années* 1901, 1902, 1904 et 1907. Paris, Imprimerie Nationale, 1909; (planches) 1 fasc. in-f° et (texte) 1 fasc. in-4°.

Radiumthérapie : Instrumentation, technique, traitement des cancers, chéloïdes, nævi, lupus, prurits, névrodermites, eczémas, applications gynécologiques, par le Dr Louis Wickham et le Dr Degrais; préface de M. le professeur Fournier; avec 20 planches coloriées et 72 figures. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Labbé, pour le concours du prix Leconte.)

Exploration archéologique de Délos faite par l'École française d'Athènes. Introduction : *Carte de l'île de Délos au* $\frac{1}{10000}$ *avec commentaire explicatif*, par André Bellot. Paris, Fontemoing et Cie, 1909; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Poincaré, pour le concours du prix Binoux.)

Les principes biologiques de l'évolution sociale, par René Worms. Paris, V. Giard et E. Brière, 1910; 1 fasc. in-12.

Annales de l'Institut agronomique (École supérieure de l'Agriculture); 2e série;

t. VIII, fascicule 2. Paris, J.-B. Baillière et fils, et Librairie Agricole, 1909; 1 vol. in-8°.

Archives de Médecine et de Pharmacie militaires, publiées par ordre du Ministre de la Guerre, paraissant une fois par mois; t. LIV. Paris, Henri Charles-Lavauzelle, 1909; 1 vol. in-8°.

Bulletin scientifique de la France et de la Belgique. Tomes I (1869) à IX et XI à XLIII (1909). (Acquisition.)

Anuario del Observatorio de Madrid, para 1910. Madrid, 1909; 1 vol. in-12.

El regreso del cometa de Halley, por Luis-G. Leon. Mexico, 1909; 1 fasc. in-12.

Catalogue of the Hemiptera (Heteroptera) with biological and anatomical references, lists of foodplants and parasites, etc. Prefaced by a discussion on nomenclature, and an analytical table of families, by G.-W. Kirkaldy; t. I : *Cimicidæ*. Berlin, Félix-L. Dames, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'éditeur.)

Report of the Commission of Education, for the year ended june 30, 1909; t. I. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 24 janvier 1910.

Notice sur M. P. Fliche, sa vie et ses travaux, par R. Zeiller. (Extr. du *Bulletin de la Société botanique de France*, t. LVI, p. 480 à 499.) Coulommiers, imp. Paul Brodard; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Onoranze al Prof. Luigi Cremona. Rome, G. Bertero et Cie, 1909; 1 fasc. in-8°.

Les systèmes d'équations aux dérivées partielles, par Charles Riquier. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Guide géologique et paléontologique de la région parisienne, dans un rayon de 100km, avec 162 figures dans le texte et 25 cartes hors texte donnant l'emplacement des gîtes fossilifères, par P.-H. Fritel. Paris, les fils d'Émile Deyrolle, 1910; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Lacroix.)

Repertorium novarum specierum regni vegetabilis : Centralblatt für Sammlung und Veröffentlichung von Einzeldiagnosen neuer Pflanzen, herausgegeben von Friedrick Fedde; Bd. III-VII. Berlin, chez l'auteur et chez Borntraeger frères, 1907-1909; 5 vol. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem. Hommage de l'auteur.)

La malattia dei minatori dal S. Gottardo al Sempione, per E. Perroncito. Turin, Carlo Pasta, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Chauveau. Hommage de l'auteur.)

Étude géométrique sur l'équilibre et la descente rectiligne de l'aéroplane, par M. L. Lecornu. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord : Le bassin de la haute Wichéra, par Louis Duparc, avec la collaboration de Francis Pearce et de Marguerite Tikanowitch. Partie III, avec 32 figures et 4 clichés dans le texte. Genève, imp. Albert Kundig, 1909; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Yearbook of the United States department of Agriculture, 1908. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Bulletin du département de l'Agriculture aux Indes néerlandaises; nos XXVIII-XXX. Buitenzorg, 1909; 3 fasc. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 24 août 1908.)

Note de M. *Haag*, Sur la viration de deux surfaces réglées :

Remplacez partout le mot *viriation* par le mot *viration*.

Page 418, ligne 20, *au lieu de* axes, *lisez* arcs.

Page 420, *supprimez* les lignes 3 et 4.

Même page, *remplacez* la ligne 5 par

$$p = k\,\frac{\cot\alpha' - \cot\alpha}{\cot\psi - \cot\psi}. \tag{6}$$

Page 421, ligne 7, *au lieu de*

$$1 + \frac{4\,\mathrm{R}\sin 2\,\mathrm{V}\cos 2t}{p},$$

lisez

$$\frac{2\,\mathrm{R}\sin 2\,\mathrm{V}\cos 2t}{p}.$$

Même page, ligne 11, *au lieu de*

$$1 + \frac{2\cos 2t}{\sin(t-\mathrm{V})\sin(t+\mathrm{V})} = \frac{\cos 2\,\mathrm{V} + 3\cos 2t}{\cos 2\,\mathrm{V} - \cos 2t},$$

lisez

$$\frac{\cos 2t}{\sin(t-\mathrm{V})\sin(t+\mathrm{V}} = \frac{2\cos 2t}{\cos 2\,\mathrm{V} - \cos 2t}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JANVIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de la dépêche suivante :

Au Président de l'Institut de France,

L'Académie royale des Beaux-Arts de Florence, émue du fléau qui dévaste Paris, adresse une pensée affectueuse aux artistes et à tous les frères français en s'associant sincèrement à leur douleur.

Le Président,

RICHARD MAZZANTI.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Premières observations de la comète Drake à l'Observatoire de Meudon.* Note de MM. **H. Deslandres**, **A. Bernard** et **L. d'Azambuja**.

La comète Drake, récemment découverte dans le voisinage du Soleil, a été observée à Meudon depuis le 21 janvier.

Elle était très brillante et bien visible à l'œil nu les 21 et 22 janvier, dans l'illumination du Soleil couchant. L'observation a été seulement gênée par les nuages; mais, le 22, au moment même où la comète allait disparaître

à l'horizon, le ciel s'est éclairci brusquement et nous avons pu l'observer à la lunette et faire trois photographies, une de la comète et deux de son spectre.

L'étude spectrale a été faite avec les chambres prismatiques déjà employées pour les comètes de Morehouse et de Halley, et avec une chambre prismatique à miroir concave, plus puissante et récemment organisée, avec un grand prisme à angle faible. Les plaques orthochromatiques employées avaient leur sensibilité maxima du côté du rouge.

L'épreuve la meilleure, obtenue juste avant le coucher de l'astre, avec une pose de 5 minutes, a donné les résultats suivants : Le noyau, très brillant, offre un spectre continu qui s'étend de λ 700 dans l'extrême rouge, à λ 420 dans l'indigo, et qui offre plusieurs condensations nettes.

La condensation la plus brillante a une longueur d'onde voisine de λ 590 et est due vraisemblablement à la vapeur de sodium, déjà signalée, comme on sait, dans plusieurs comètes antérieures au voisinage du Soleil. De cette condensation part une queue bien définie jusqu'à 20′ d'arc et plus intense sur ses bords. Cette radiation jaune offre ainsi sur le fond brillant du spectre général une image complète de la comète.

Du côté du violet on reconnaît une condensation plus faible vers λ 560, avec une queue encore assez nette et qui correspond à une bande des hydrocarbures, et aussi une condensation encore moins nette vers λ 470 et qui doit avoir la même origine.

Du côté de l'extrême rouge le spectre continu montre un renforcement très net de λ 620 à λ 700, qui se prolonge aussi dans la queue jusqu'à 10′ d'arc, et qui tient peut-être à un groupe de bandes intenses communes au noyau et à la queue, et non signalées encore dans les comètes.

Cette étude a été poursuivie les jours suivants avec les mêmes appareils, en particulier les 24, 25, 27, 29 et 30 janvier.

Or les épreuves successives obtenues révèlent une transformation curieuse du spectre cométaire :

La radiation du sodium, qui était de beaucoup la plus forte, diminue progressivement; en même temps les bandes des hydrocarbures augmentent, le spectre continu s'étend jusqu'à l'ultraviolet et les bandes du cyanogène apparaissent.

Les 29 et 30, le sodium était invisible et le spectre des hydrocarbures (longueurs d'onde approximatives 565, 517, 474) et le spectre du cyanogène (λ 388, 387, 386), complets et intenses, se développaient du rouge

à l'ultraviolet. Même le spectre des hydrocarbures a paru aussi s'étendre dans la queue et à une grande distance ([1]).

Ces transformations sont exactement celles subies par la grande comète de 1882 et, d'une manière générale, par les comètes qui s'approchent beaucoup du Soleil. Tout près de l'astre central, les raies métalliques prédominent; puis, lorsque la comète s'éloigne, le spectre classique des hydrocarbures et du cyanogène redevient le caractère principal du spectre cométaire.

Les longueurs d'onde mesurées ne sont qu'approximatives, car, pour les premières épreuves, on n'a pu juxtaposer un spectre de comparaison, à cause du crépuscule ([2]); ce spectre a été ajouté avec les dernières, mais le noyau et surtout la tête de la comète sont larges, la dispersion est faible, et il en résulte une certaine confusion dans les images monochromatiques de l'astre. En fait, la chambre prismatique convient bien pour la reconnaissance générale du spectre, et peu pour la mesure précise des longueurs d'onde. A ce point de vue le spectrographe à fente est supérieur et il a été appliqué en même temps à la comète; l'Observatoire publiera prochainement les résultats donnés avec ce dernier appareil.

On a fait en même temps des photographies ordinaires de la comète, avec les chambres fixées aux équatoriaux. Le 22, la comète offrait une belle queue courbe divisée en deux antennes, avec une ligne noire au centre. Le 29, les épreuves révèlent une queue supplémentaire, presque aussi intense que la première, et faisant avec elle, vers le Sud, un angle voisin de 25°.

Des photographies ont été faites aussi avec le grand réflecteur de 1^m. Une Note spéciale leur sera consacrée.

En résumé, cette comète est une des plus intéressantes étudiées à l'Observatoire depuis sa fondation. Elle est *a priori* remarquable par sa couleur rougeâtre et par la grande largeur de sa queue, qui est aussi fort longue.

Le 29 janvier, le ciel était très pur, et nous avons eu, après le crépuscule

---

([1]) Cette extension dans la queue est surtout nette avec la bande λ 473 des hydrocarbures qui correspond à un maximum de sensibilité de certaines des plaques employées; mais la queue cométaire est large et la même apparence peut être expliquée aussi à la rigueur par un spectre continu. On peut signaler aussi des condensations plus faibles à λ 421 et λ 437.

([2]) Le spectre de comparaison a été fait sur une autre plaque, et les deux spectres ont été rapprochés ensuite avec les bords des plaques. Dans ces conditions la mesure ne peut être que grossière.

et après le coucher de la tête de la comète, un spectacle inoubliable. La queue, toujours visible, se dressait presque verticale au-dessous du carré de Pégase, et avec un crochet net vers le Sud, à son extrémité supérieure. A droite, apparaissait la voie lactée, et à gauche la lumière zodiacale, très étendue et ce soir-là très lumineuse.

La queue de la comète, observée à ce moment avec un simple nicol, montrait une polarisation forte et dans le plan qui contient le Soleil, la comète et la Terre, autant que l'on a pu juger avec cet appareil rudimentaire.

ASTRONOMIE. — *Carte photographique du Ciel. Présentation des procès-verbaux du dernier Congrès.* Note de M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau le premier exemplaire des procès-verbaux de la réunion du Comité international permanent de la Carte photographique du Ciel. Ces procès-verbaux forment un Volume de 272 pages et sont imprimés comme publication de l'Académie. Je tiens tout d'abord à remercier M. Gauthier-Villars qui, en imprimant en quelques jours les Rapports préliminaires et un grand nombre de Mémoires annexes, a grandement contribué à assurer le succès du Congrès.

Je me fais un devoir de rappeler que la première allocution prononcée au premier Congrès, en 1887, l'a été par notre illustre Secrétaire perpétuel Joseph Bertrand. Dès ce jour l'Académie des Sciences a pris l'entreprise sous ses auspices. C'est dans le même Congrès que l'amiral Mouchez a annoncé qu'il croyait l'Académie disposée à faire les frais de l'impression de tous les procès-verbaux, Rapports et Mémoires concernant la Carte du Ciel. Depuis cette date, six réunions successives ont été tenues à Paris, présidées par les directeurs de l'Observatoire. Les six fascicules de procès-verbaux en donnent l'histoire complète; mais il a été, en outre, imprimé cinq Volumes de Mémoires, et, si l'Observatoire de Paris, dans les dernières années, a contribué, en quelque mesure, aux frais d'impression, l'Académie n'en a pas moins couvert la plus grande partie. Ces six fascicules et ces cinq Volumes, comme ceux qui vont très prochainement suivre, constituent toujours, essentiellement, une publication de l'Académie.

L'examen des résolutions prises dans les six Congrès montre les progrès réalisés ou constatés dans chacun d'eux. Dans les deux derniers, l'entreprise s'est considérablement élargie. Sur la proposition de Maurice Lœwy, la

réunion de 1900 avait décidé que le bureau du Comité permanent centraliserait les travaux relatifs aux observations d'Éros et à la détermination de la parallaxe du Soleil. Au dernier Congrès, cette œuvre si importante était terminée, grâce à l'activité si féconde de Arthur R. Hinks qui, dans votre séance du 26 avril, vous apporta le résultat définitif de ces travaux : récemment le même astronome vous a fait connaître la valeur connexe de la masse de la Lune.

La réunion de 1910 a pris toutes les mesures qui peuvent assurer le prompt achèvement de la Carte et du Catalogue, et tout fait penser que, dans une quinzaine d'années, il y restera peu de chose à faire. Elle a décidé la formation d'un nouveau Catalogue d'étoiles fondamentales qui pourra servir de base aux réductions définitives et celle d'un Catalogue d'étoiles intermédiaires entre les fondamentales et les étoiles de repère proprement dites. Elle a chargé une Commission permanente de tout ce qui concerne ces étoiles, une seconde de la préparation d'une échelle de grandeur photographique et une troisième de l'étude des images photographiques elles-mêmes.

Nous avons le plus grand espoir que, selon le vœu émis au banquet de clôture, une réunion nouvelle pourra être tenue utilement à Paris en 1913 ou 1914 et qu'à cette date les questions encore pendantes seront résolues.

CHIMIE AGRICOLE. — *L'entraînement du limon des terres par les eaux de la Seine.* Note de M. **A. Müntz**.

J'ai cherché à me rendre compte de la répercussion que peut avoir, sur la fertilité à venir des terres, l'enlèvement des particules fines par les pluies persistantes qui déterminent la crue actuelle de la Seine et de ses affluents.

Les énormes quantités d'eau que débite le fleuve emportent avec elles vers la mer des limons enlevés en grande majorité aux terres cultivées, et il y avait intérêt à se rendre compte de l'appauvrissement que celles-ci subissent par le fait de l'entraînement des éléments les plus utiles du sol.

Dans ce but j'ai déterminé la proportion de limon contenu dans les eaux pour pouvoir les rapporter au débit total. Ces essais ont été commencés le 25 janvier au matin, à un moment où la crue était déjà forte, et se sont continués sans interruption jusqu'à ce jour, la crue s'étant accentuée de plus en plus.

Voici les résultats obtenus :

	Limon contenu dans 1^{m^3} d'eau de la Seine.
Le 25 janvier	$134^g,0$
Le 26 »	104,5
Le 27 »	84,7
Le 28 »	78,2
Le 29 »	55,0

On voit que la proportion de limon décroît, à mesure que la crue se prolonge. Cela doit être attribué à ce fait que c'est surtout à l'eau de ruissellement, qui court à la surface du terrain, qu'est due la crue actuelle. Les premières eaux entraînent en plus forte proportion les éléments fins; celles qui suivent, passant sur un terrain déjà lavé, en entraînent moins.

Pour déterminer à quelle masse correspond le limon ainsi enlevé au sol, on peut établir le Tableau suivant :

	Limon contenu dans 1^{m^3}.	Débit d'eau journalier évalué en millions de mètres cubes.	Limon emporté par 24 heures.
			tonnes
25 janvier	$134^g,0$	140	18800
26 »	104,5	160	16600
27 »	84,7	180	15300
28 »	78,2	200	15600
29 »	55,0	200	11000

Cet entraînement journalier de limon pourrait paraître élevé et de nature à compromettre la fertilité à venir des terres auxquelles il a été enlevé. Cette quantité correspond à la masse des éléments fins contenus moyennement dans 25^{ha} à 30^{ha}, et l'on est ainsi porté à ne pas s'exagérer le dégât porté de ce chef. En admettant que cette période de crue dure 20 jours, il y aurait un enlèvement de limons correspondant à ceux qui sont contenus dans 500^{ha} à 600^{ha} de terre arable. En comparaison de la superficie de la partie du bassin de la Seine située en amont de Paris, soit plusieurs millions d'hectares, c'est insignifiant, et l'on voit que quelques dix-millièmes seulement des éléments fins de ce bassin ont été enlevés à l'agriculture.

En présence de l'importance du phénomène actuel, c'est donc peu de chose, et l'on peut affirmer que, s'il y a des dégâts locaux dans les terres cultivées, la situation générale de l'agriculture de la région du bassin de la Seine n'est pas compromise, du chef de l'enlèvement des éléments fins, qui sont les principaux agents de la fertilité. Même si cet enlèvement était décuplé, la force productive du sol n'en serait pas diminuée dans une proportion appréciable.

M. **Edmond Perrier** fait connaître l'*état du Muséum après l'inondation :*

Peut-être l'Académie sera-t-elle intéressée par les nouvelles que je puis lui donner de l'état actuel du Muséum, dont on s'informe avec inquiétude de l'étranger.

L'inondation a commencé dès dimanche 23 janvier, dans le sous-sol des galeries d'Anatomie comparée, où étaient déposées de précieuses collections d'Invertébrés fossiles. La galerie a été aussitôt fermée et le sauvetage commencé. Mais dès le lendemain l'eau s'était élevée jusqu'à une hauteur inattendue : elle a successivement atteint les sous-sols de la Ménagerie des Reptiles dont les calorifères ont été éteints, les fosses aux Ours, le laboratoire de Pathologie comparée, le carré creux en face de l'Orangerie, la totalité des jardins français, la plus grande partie des parcs de la Ménagerie, la grande Volière, le premier étage et les sous-sols des laboratoires de Physique végétale et d'Anatomie comparée, enfin la rotonde des grands herbivores. Placé entre la Bièvre et la Seine, percé de canalisations et d'égouts dont quelques-uns remontent à 200 ans et qui ont crevé presque partout, situé au-dessus des catacombes également envahies, le Jardin des Plantes était un lieu d'élection pour l'inondation.

Grâce au dévouement admirable de tout son personnel, au courage des gardiens et jardiniers de tout ordre, à l'activité du Service d'architecture, à l'aide vigilante apportée par les pompiers et par la troupe, toutes les collections ont pu être sauvées; des mesures énergiques ont empêché l'extinction des calorifères des serres qui eût été un désastre. Ces magnifiques collections sont entièrement indemnes et tout fait espérer que nous n'aurons pas de retour offensif.

La Ménagerie a causé de vives inquiétudes; le public s'est ému du sort des animaux. Heureusement, nos pertes sont relativement faibles.

Les ours bruns sont demeurés quelques heures dans l'eau; mais on a pu rapidement épuiser leurs fosses, les enfermer dans leurs abris grillés et les faire passer de là sans danger pour personne dans les caisses de transport. Les difficultés ont été plus grandes pour les ours blancs; leur fosse, inondée par la rupture d'un égout et qu'on ne pouvait vider, n'a pas d'abri grillé et l'on ne pouvait risquer un corps à corps avec les hommes; enfin, en pratiquant un trou dans un mur éloigné, on a pu les guider vers lui et les sauver comme les ours bruns.

La rotonde des grands herbivores a été rapidement assez envahie pour n'être abordable qu'en bateau. On ne pouvait songer à en retirer les éléphants, les hippopotames, les girafes, les chameaux. Ces animaux

étaient furieux ou stupéfiés, absolument inaccessibles. Une des girafes a consenti cependant à sortir; elle est aujourd'hui à l'abri et probablement sauvée. L'autre a résisté à toutes les sollicitations, elle est morte hier matin, victime de son agitation plutôt que du froid; elle avait été donnée au Muséum par M. le gouverneur général Merland-Ponty. Cette girafe, deux antilopes Guib et un lièvre de Patagonie représentent toutes les pertes actuelles de la Ménagerie.

La mort des antilopes Guib a été causée par l'extinction de l'appareil de chauffage de la retraite d'hiver où elles étaient enfermées; l'extinction des calorifères des sous-sols a été d'ailleurs générale, mais des cloches de chauffage ont été immédiatement installées et ont donné d'excellents résultats. Le Jardin est maintenant à peu près dégagé; on a pu chauffer de nouveau la rotonde des herbivores, et réchauffer par des jets de vapeur l'eau du bassin des hippopotames.

Le lièvre de Patagonie s'est noyé.

Malheureusement, tout le terrain est miné; il a fallu faire évacuer l'Orangerie, dont l'état est depuis longtemps lamentable et au-dessous de laquelle l'eau coulait en véritable rivière dans les catacombes. Le laboratoire de Physique végétale est presque ruiné et toute la machinerie installée dans les sous-sols est gravement endommagée.

Il est remarquable que des animaux des pays chauds, tels que les éléphants, les hippopotames, les girafes, aient résisté au froid d'une manière aussi heureuse.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Trias marin à Madagascar.* Note de M. **Henri Douvillé**.

Jusqu'à ces dernières années, le plus ancien niveau fossilifère à Madagascar était représenté par les calcaires du Lias supérieur. Au-dessous on constatait l'existence d'un puissant système de grès et d'argiles dont la partie supérieure devait représenter le Lias moyen et le Lias inférieur, l'âge de la partie inférieure restant encore incertain.

En 1900, M. Boule signalait dans le sud de l'île (d'après les échantillons recueillis par le capitaine Colcanap) la présence à la base de ces couches d'un niveau permien représenté par des schistes à *Glossopteris indica*, avec empreintes de Reptiles et de Poissons.

Tout récemment la découverte de filons aurifères, dans la partie nord de Madagascar, a eu pour résultat l'exploration approfondie de cette région et la constatation d'un nouvel horizon fossilifère caractérisé surtout par des

nodules avec empreintes de Poissons. Ces fossiles viennent d'être étudiés par M. Smith Woodward (*Ann. mag. nat. hist.*, n° 25, janv. 1910) qui a assimilé ce niveau au Permien précédemment cité par M. Boule et y a reconnu deux espèces nouvelles, *Ecrinesomus Dixoni* et *Cœlacanthus madagascariensis*; à la suite de ce travail M. Bullen Newton décrivait deux petites empreintes de Mollusques, provenant du même gisement, comme des formes terrestre et d'eau douce.

J'ai moi-même reçu des envois de fossiles de la même provenance recueillis par deux de mes anciens élèves, MM. Callens et Bordeaux, ingénieurs civils des Mines. Le premier m'a communiqué des nodules à Poissons et en outre un très grand nombre de nodules de forme différente (plus de 300), beaucoup plus arrondis, qui sont de véritables *Septaria* décalcifiés : ils proviennent des environs d'Andongazo et m'ont fourni un petit nombre d'empreintes d'Ammonites, quelques-unes avec leurs cloisons caractéristiques. J'ai pu reconnaître les espèces suivantes :

Cordillerites cf. *angulatus* Hyatt et Smith, reconnaissable à sa forme extérieure et à ses cloisons;

Ophiceras Dieneri H. et Sm.;

Meekoceras cf. *gracilitatis* White, un peu plus renflé que le type et à ombilic un peu plus large;

Flemingites? cf. *Russelli* H. et Sm., avec son ornementation caractéristique.

Toutes ces formes se retrouvent dans le Trias inférieur de l'Amérique du Nord; les couches à nodules et à septaria sont donc des dépôts marins et dont l'âge se trouve établi d'une manière précise.

M. Bordeaux m'a communiqué également des nodules avec empreintes de Poissons, et quelques Ammonites parmi lesquelles un *Cladiscites* reconnaissable à ses tours de section rectangulaire et à son ornementation formée de fines côtes spirales, et probablement un fragment de *Joannites*, accompagné d'empreintes de *Mytilus* et autres Bivalves. En outre, il a reconnu l'existence d'une couche de grès à *Myophories* à la base de la formation, au contact des terrains cristallins.

Le niveau fossilifère principal, formé de schistes argileux à septaria, avait été très bien distingué par M. Lemoine sous le nom d'argiles d'Ambararata; il s'étend dans une direction N-N-E., depuis Andongazo sur le Mahavavy, jusqu'à Ambararata sur le haut Loky; il est surmonté par d'épaisses couches de grès et de conglomérats (grès d'Antsalava), puis par les calcaires jurassiques avec *Ammonites* et *Spiriferina* (Callens) qui couronnent la falaise d'Andrafiamena.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 43,

M. Adolf von Baeyer réunit l'unanimité des suffrages.

M. **Adolf von Baeyer**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 36,

Sir Patrick Manson obtient.....	35 suffrages
M. Pflüger obtient.....	1 suffrage

Sir **Patrick Manson**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine et Chirurgie.

CORRESPONDANCE.

Lord **Rayleigh**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le comte **von Zeppelin** adresse des remercîments personnels pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MM. le contre-amiral **F. Arago**, le colonel **Bourgeois**, **Ch. Lallemand**, le lieutenant-colonel **Monteil** prient l'Académie de les compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1910*a*, *faites à l'Observatoire de Paris* (*équatorial de la Tour de l'Est*, $0^m,38$ *d'ouverture*). Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Bailland.

Dates. 1910.	Temps moy. de Paris.	ΔR.	ΔP.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	P apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m	h m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Janv. 27.....	5.47.46	−0.27.33,00	+1.12,9	1:1	21.24.13,18	$\bar{1}$,570	91. 7.51,5	$0,825_n$	1
» 29.....	5.45.36	−1.30. 9,99	+1.50,8	3:1	21.30.29,42	$\bar{1}$,565	89.12.42,6	$0,811_n$	2
» 30.....	6. 5.46	−0. 1.57,45	+5.53,6	8:3	21.33.11,73	$\bar{1}$,575	88.42. 7,5	$0,818_n$	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison 1910,0.

★	Gr.	R moyenne.	Réd. au jour.	P moyenne.	Réd. au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1....	8,3	21.51.48,02	−1,84	91. 6.28,0	+10,6	Nicolajew 5533
2....	7,2	23. 0.41,29	−1,87	89.10.42,5	+ 9,3	Nicolajew 5779
3....	8,0	21.35.11,08	−1,90	88.16. 4,2	+ 9,7	Albany 7567

Remarques. — Les observations du 27 et du 29 ont été faites en laissant la lunette calée jusqu'au passage d'une étoile de comparaison.

D'autre part, nous donnons ci-dessous les lectures de cercles obtenues par MM. J. Chatelu et Giacobini, à des dates antérieures. Le mauvais temps n'avait pas permis de rapporter la position de la comète à celle d'une étoile de comparaison.

Dates. 1910.	Temps moyen de Paris.	R.	P.	Observ.
	h m s	h m s	° ′	
Janvier 22.....	5.54. 2	21. 0.28	98.41,5	G.
» 24.....	5.48.48	21.11.58	95. 3,0	J. C.
» 25.....	5.54. 2	21. 0.28	98.41,5	G.

Janvier 22. — La comète peut être estimée de deuxième grandeur et son noyau a l'aspect d'un disque de 15″ à 20″ de diamètre. La queue s'étend sur une longueur de 6° environ; elle comporte deux branches offrant chacune trois divisions.

» 24. — La comète est encore très brillante et la queue paraît s'allonger.

» 25. — L'éclat de la comète a baissé, depuis la veille, de deux grandeurs environ.

» 29. — A l'œil nu la queue de la comète s'étend sur une longueur de plus de 45°.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Johannesburg, 1910a, faites à l'Observatoire de Besançon avec l'équatorial coudé.* Note de M. P. **Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1910.	Étoiles.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔP.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Janvier 27.....	*a*	6.14.8	−4.30,33	− 5.4,4	3:8
» 29.....	*b*	6.29.17	+1.47,45	− 7.18,2	3:4

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1910,0.

★	Gr.	Catalogues.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
			h m s	s	° ′ ″	″
a....	nébul.	AG. Nicolajew, 5469	21.28.49,45	−1,90	91.13.22,8	+10,7
b....	7,8	» 5468	21.28.45,17	−1,89	89.18.46,3	+10,7

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1910.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s		° ′ ″	
Janvier 27.....	21.24.17,22	9,595	91.8.29,1	$0,812_n$
» 29.....	21.30.30,73	9,600	89.11.38,8	$0,810_n$

Remarques. — Le 27 janvier, la comète nous apparaît avec un noyau bien défini, de 1re grandeur, de forme circulaire et mesurant environ 12″ de diamètre. Ce noyau est entouré d'une légère chevelure. La queue, ou la portion de queue qui se voit dans la lunette, est constituée par deux branches assez lumineuses vers le noyau, qui ensuite s'estompent et s'étalent vers une même direction NE. Les lueurs crépusculaires donnent à ces images une teinte rose d'un très bel aspect.

A l'œil nu, la queue, d'abord droite et mince sur une dizaine de degrés, s'étale et se courbe vers le Sud et mélange ses lueurs à celles de la lumière zodiacale. En total elle mesure au moins 25°.

Le 29 janvier, l'observation est faite dans une petite éclaircie de cirro-nimbus. A l'œil nu, la queue semble être aussi longue et de forme courbée, comme le 27 janvier, mais beaucoup plus large.

Déjà, dans la soirée du 22 janvier, la comète a été vue à l'œil nu à l'Observatoire. Elle s'est présentée à nous un peu plus brillante que le 27, mince, rectiligne sur une étendue voisine de 7°. Elle n'a pu être observée dans la lunette, avec l'exactitude utile, en raison de l'absence d'étoile de comparaison.

GÉODÉSIE. — *Sur une erreur systématique de la détermination du niveau moyen de la mer à l'aide du médimarémètre.* Note de M. Ch. Lallemand, présentée par M. Bertin.

Le *Médimarémètre* (¹), imaginé par moi pour la détermination du niveau moyen de la mer, consiste essentiellement, on le sait, en un tube étanche, fixé verticalement à demeure dans la mer et fermé à sa base par un vase poreux. A travers ce vase, l'eau filtre et, intérieurement, s'établit à un niveau dont les oscillations reproduisent, mais très atténués, les mouvements de la nappe liquide extérieure. La cote du niveau intérieur s'obtient, chaque jour, à l'aide d'une sonde graduée qu'on descend à fond dans le tube.

La théorie démontre que le niveau moyen du liquide doit être exactement le même à l'intérieur et à l'extérieur. Or, en fait, depuis de longues années, pour tous les appareils en service et sans cause connue, le niveau intérieur se montrait systématiquement trop bas de quelques centimètres.

L'énigme semblait indéchiffrable, lorsqu'une judicieuse observation de M. Prévot, ingénieur du Service du nivellement, m'a fait découvrir la très simple explication du phénomène. L'erreur provient de l'entraînement de quelques gouttes d'eau, par la sonde, chaque fois qu'on la retire du tube.

A raison de cette perte, en effet, le niveau intérieur se trouve anormalement déprimé d'environ $1^{mm},5$; à cette dépression anormale correspond une rentrée supplémentaire d'eau par le filtre. Théoriquement, au bout d'un temps infini, la dépression se trouverait ainsi comblée; mais elle ne l'est qu'en partie, le lendemain, lorsqu'on vient derechef plonger la sonde dans le tube et en extraire, une seconde fois, quelques gouttes de liquide, déterminant de la sorte une nouvelle dépression, qui s'ajoute au reliquat de la première.

La dépression totale grandit ainsi de jour en jour; mais, avec elle, croît aussi la rentrée d'eau entre deux sondages. L'équilibre est atteint lorsque cette rentrée compense exactement la perte, facile à mesurer, faite dans chaque opération (²).

(¹) *Comptes rendus*, séances des 28 mai et 11 juin 1888.

(²) Soient : V, le volume d'eau (environ $0^{cm^3},8$) entraîné chaque fois par la sonde; ∂h, la valeur limite de la dépression correspondante; ρ, le *module d'amortissement* de l'appareil; S, la section du tube, en centimètres carrés; σ, la surface du vase po-

Toutes choses égales d'ailleurs, la valeur limite de la dépression est d'autant plus grande que le filtre offre plus de résistance au passage de l'eau.

Connaissant à peu près le module d'amortissement de chacun des appareils en fonction, M. Prévot a pu calculer approximativement (voir le Tableau ci-après) la correction correspondante (col. 5) à faire subir au niveau observé. Elle varie de 2^{cm} à 6^{cm}.

Cotes, au 1er janvier 1909, du niveau moyen de la mer, d'après les médimarémètres en service sur les côtes françaises, avant et après correction de l'erreur systématique.

Postes d'observation.	Dates d'entrée en fonction.	Nombre d'années de fonctionnement normal.	Altitudes rationnelles, rapportées au *zéro normal* du nivellement général. Altitude brute A.	Correction ε.	Altitude corrigée A + ε.	Cotes rationnelles, rapportées au niveau moyen du médimarémètre n° 2 à Marseille. Cote brute C.	Correction γ.	Cote corrigée C + γ.
1	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
				Manche.				
			cm	cm	cm	cm	cm	c
Cherbourg	1891	18	—12	+4	— 8	—10	0	—10
				Océan.				
Camaret	1890	19	— 3	+3	0	— 2	0	— 2
Quiberon	1889	20	+ 1	+3	+ 4	+ 2	—1	+ 1
Les Sables d'Olonne	1892	14	— 6	+5	— 1	+ 4	—1	+ 3
La Pallice	1891	10	+ 6	+6	+12	+ 7	+2	+ 9
Biarritz	1889	17	+14	+4	+18	+15	—1	+14
Saint-Jean-de-Luz	1890	19	+16	+3	+19	+17	—1	+16
				Méditerranée.				
Nice	1888	21	— 8	+2	— 6	— 7	—1	— 8
La Ciotat	1893	16	+ 2	+2	+ 4	+ 4	—2	+ 2
Marseille (Port-Vieux)	1890	19	— 1	+3	+ 2	+ 1	—1	0
Marseille (Anse Calvo). Médimarémètre n° 1.	1885	24	— 2	+5	+ 3	»	»	»
Marseille (Anse Calvo). Médimarémètre n° 2.	1890	19	— 1	+3	+ 2	0	0	0
Martigues	1894	15	— 2	+4	+ 2	0	0	0
Port-de-Bouc	1894	14	— 5	+4	— 1	— 4	+1	— 3
Cette	1888	21	— 4	+3	— 1	— 3	—1	— 4
Port-Vendre	1888	21	— 3	+2	— 1	— 2	—1	— 3

reux, en millimètres carrés; ε, son épaisseur en millimètres; ω, le coefficient de porosité de la substance du filtre, c'est-à-dire le nombre de centimètres cubes d'eau

Toutefois, cette erreur ayant même signe pour tous les appareils, elle s'élimine, au moins partiellement, dans la comparaison des niveaux moyens déduits de leurs indications.

Aussi la cote brute (col. 7) et la cote corrigée (col. 9), calculées par rapport au niveau moyen du médimarémètre n° 2 à Marseille, ne diffèrent-elles (col. 8) que de $\pm 2^{cm}$ au maximum. L'égalité, autrefois signalée par moi, du niveau moyen des deux mers qui baignent la France [1], n'en est pas troublée.

Au 1er janvier 1909, les altitudes du niveau moyen de la Méditerranée, à Marseille, respectivement fournies, depuis leur entrée en fonction (1885), par le marégraphe totalisateur et par les médimarémètres installés dans le même puits, étaient les suivantes :

Observatoire marégraphique de l'anse Calvo.

		Altitudes du niveau moyen, rapportées au zéro normal.
		mm
1° Marégraphe totalisateur		+20
2° Médimarémètres	Cote brute non corrigée de l'erreur systématique	— 8
	Cote corrigée	+25

---

qui filtrent, en un jour, sous une charge de 1^{m}, à travers une lame de cette substance, ayant 1^{mm^2} de surface et 1^{mm} d'épaisseur.

Le débit V étant proportionnel à la charge δh, à la surface σ du filtre, à sa porosité ω et, d'autre part, inversement proportionnel à son épaisseur ε, on a

$$\omega \frac{\sigma}{\varepsilon} \delta h = V,$$

avec

$$\rho = \frac{\varepsilon S}{\omega \sigma};$$

d'où

$$\delta h = \frac{V}{\omega} \frac{\varepsilon}{\sigma} = \frac{V}{S} \rho.$$

Si, par exemple,

$$\rho = 20$$

et

$$S = 5^{cm^2},$$

on a

$$\delta h = 32^{mm}.$$

[1] *Comptes rendus*, séance du 16 juin 1890.

PHYSIQUE. — *Sur un procédé de mesure du coefficient de conductibilité thermique des corps peu conducteurs.* Note [1] de M. **Biquard**, présentée par M. d'Arsonval.

Divers procédés de mesure des coefficients de conductibilité thermique des corps très peu conducteurs ont été proposés par Péclet, Coleman, Lees-Chorlton et Desvignes.

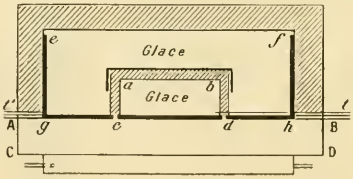
Ils comportent l'introduction d'hypothèses et de corrections peu certaines, et susceptibles d'entacher les résultats d'erreurs systématiques, par suite de la difficulté de déterminer avec certitude les surfaces isothermiques.

L'emploi de corps ayant la forme de sphères creuses, ainsi que l'a fait Nüsselt en 1908, permet seul d'obtenir des surfaces isothermiques régulières, mais ce procédé est inapplicable pour des matières solides, telles que le bois.

Nous nous sommes proposé d'établir une méthode permettant d'obtenir, dans un corps peu conducteur, de forme plane, une transmission de chaleur régulière à travers des surfaces isothermiques de forme et de position bien connues, et de mesurer avec certitude la quantité de chaleur transmise.

Nous avons eu recours, pour assurer la transmission normale de chaleur à travers le mur étudié, au principe de l'anneau de garde déjà employé par Berget dans la mesure de la conductibilité thermique des métaux. D'autre part, nous avons mesuré la quantité de chaleur transmise en l'employant à fondre de la glace dont on recueille l'eau de fusion.

L'appareil que nous avons réalisé est représenté par la figure suivante :



On le place sur une étuve plate, dans laquelle circule un courant d'eau maintenue

[1] Présentée dans la séance du 24 janvier 1910.

à température constante par un régulateur, et dont le plafond est formé d'une plaque de cuivre rouge épaisse de 4^{mm} et très plane.

Par dessus le mur on dispose deux cuves concentriques a, b, c, d et e, f, g, h, destinées à être remplies de glace pilée. Les fonds de chacune de ces deux cuves également en cuivre épais et plan sont séparés par une rainure rr' large de 3^{mm}.

L'intervalle entre les deux cuves, protégé de l'eau de fusion par un couvercle kk', est rempli de plaques de liège. Des tubes t et t' servent à recueillir l'eau de fusion de chacune d'elles.

Au moyen de couples cuivre-constantan isolés et disposés horizontalement, sur les surfaces AB et CD, et aussi dans la masse du mur à des profondeurs connues, on détermine la température à diverses hauteurs dans le mur.

Enfin, tout l'appareil est protégé contre la fusion de la glace extérieure au contact de l'air ambiant par d'épais matelas de liège qui l'entourent de toutes parts.

Dans ces conditions, et lorsque le régime est établi, ce que l'on peut constater à ce que l'écoulement de l'eau de fusion provenant de la cuve a, b, c, d devient constant, on peut admettre que toute la chaleur fournie à la glace de cette cuve provient uniquement de la face cd, par transmission normale à travers la portion correspondante du mur ABCD.

Pour que cette hypothèse soit valable il faut que la largeur de l'anneau de garde soit double de l'épaisseur du mur étudié, auquel cas la perturbation due aux bords est absolument négligeable. Pratiquement l'appareil que nous avons réalisé permet d'étudier des épaisseurs de 150^{mm}.

La durée d'établissement du régime varie de 15 à 100 heures, suivant la nature et l'épaisseur de la matière étudiée et l'intervalle de température dans lequel se fait l'expérience.

Connaissant la quantité q d'eau de fusion écoulée de la cuve intérieure, pendant l'unité de temps, la surface S de la plaque cd et la différence des températures t_1 et t_2 de deux points de la masse dont la distance normale au mur est λ, on obtient le coefficient moyen de conductibilité de la matière étudiée, dans l'intervalle de température t_2, t_1, par la formule

$$k = \frac{79{,}3\,q\lambda}{S(t_2 - t_1)}.$$

En réalité, nous avons pris pour valeur de la surface S la surface délimitée par le milieu de la rainure qui sépare les deux plaques cd et gh. Étant donné que la surface de cette rainure est seulement $\frac{1}{40}$ de celle de la plaque cd, cette correction ne paraît pas devoir introduire d'erreur appréciable dans des mesures qui ne prétendent pas à une exactitude supérieure à 1 pour 100 en valeur relative.

D'autre part, en immergeant horizontalement un certain nombre de

couples dans la masse, à différentes hauteurs, on peut apprécier la variation du coefficient de conductibilité avec la température, en évaluant l'intervalle correspondant à une même chute de température à différentes hauteurs. Il est commode, pour bien définir la position des couples, de les fixer à de longues bandes de bristol qu'on insère dans des fentes étroites, à diverses hauteurs.

Causes d'erreurs. — Nous avons admis que la température restait uniforme sur toute la surface AB, et aussi sur CD, et par conséquent que les plaques *cd* et *gh* ont même température. En réalité, lorsqu'on étudie des corps peu conducteurs comme le liège, le bois ou même la pierre, sous une épaisseur supérieure à 5^{cm}, cette hypothèse est justifiée, sensiblement, par suite de la valeur relativement considérable des modules de transmission de chaleur de la glace humide au cuivre et à travers le cuivre.

Le calcul montre également qu'on peut négliger les transmissions de chaleur, à travers les parois de liège latérales et le plafond de la cuve *a*, *b*, *c*, *d*, pouvant provenir de petites irrégularités dans la température de la glace impure. Ces irrégularités atteignent d'ailleurs rarement $0^{\circ},1$.

Pour déterminer des coefficients de conductibilité dans des intervalles dépassant 100°, il est nécessaire de remplacer l'étuve à eau par une plaque chauffée électriquement, surmontée d'une plaque épaisse de cuivre destinée à uniformiser la température.

PHYSIQUE. — *Diffusion et théorie cinétique des solutions.* Note de M. G. **Thovert**, présentée par M. J. Violle.

J'ai signalé antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXXXV) que, pour les substances non électrolytes en solution aqueuse, le coefficient de diffusion varie en raison inverse de la racine carrée de la masse moléculaire. Les résultats de très nombreux essais que j'ai faits sur la diffusion dans l'alcool méthylique s'interprètent moins simplement.

Pour certaines catégories de substances caractérisées par la liste suivante de produits expérimentés :

Térébenthène, toluène, naphtaline, anthracène; alcool amylique, glycérine, phénol, hydroquinone, pyrogallol, naphtol, vanilline, chloral; acides formique, acétique, propionique, lactique, tartrique, benzoïque, salycilique; monobenzylamine, dibenzylamine, acétyldiphénylamine, aniline, acétotoluidine; acétamide, acétyldiphénylhydrazine, sulfate d'éthylamine, chlorhydrate d'aniline, antipyrine, pyridine, uréthane, phtaléine du phénol;

le coefficient de diffusion satisfait à la relation $D\sqrt{M} = 12 \times 10^{-5}$ environ à la température de 18°.

Celles de ces substances qui sont solubles dans l'eau ont un coefficient de diffusion en solution aqueuse qui obéit à la même loi, le produit $D\sqrt{M}$ ayant alors pour valeur 8×10^{-5}, chiffre qui est au précédent comme la viscosité de l'alcool méthylique est à celle de l'eau.

Pour un plus grand nombre de substances essayées, le coefficient de diffusion dépasse celui qu'indiquerait la relation ci-dessus; le produit $D\sqrt{M}$ peut atteindre une valeur double.

La liste des résultats, trop longue pour être citée ici, ne comprend que des corps à fonctions chimiques différentes de celles qui existent dans la liste précédente. On trouve assez fréquemment des corps de même fonction chimique se groupant autour d'une même valeur du produit $D\sqrt{M}$. Par exemple, pour les dérivés chlorés de la benzine, le chlorure d'éthylène, le chloroforme, on trouve que le produit $D\sqrt{M}$ vaut 20×10^{-5}. Les corps analogues à substitution bromée donnent un produit $D\sqrt{M} = 22 \times 10^{-5}$. Les dérivés iodés de la benzine, l'iodoforme, les iodures d'éthylène, d'amylène, de méthylène et d'éthyle obéissent à la relation $D\sqrt{M} = 24 \times 10^{-5}$. Mais tous les résultats ne peuvent pas se rassembler aussi simplement en de tels groupements.

La relation $D\sqrt{M} = \text{const.}$ n'apparaît donc pas comme absolument générale. Je ne crois pas inutile toutefois de rappeler qu'elle est facile à interpréter par les explications cinétiques de la diffusion.

Sous quelque forme qu'on envisage le mouvement moléculaire, si le déplacement, sur une longueur ε, demande un temps moyen τ, le coefficient de diffusion est mesuré, à un facteur numérique près, par $\frac{\varepsilon^2}{\tau}$.

En supposant que ce temps, relatif à un espace donné, varie pour les différentes molécules en raison inverse de la vitesse d'agitation, et que ces molécules ont la même énergie de translation, on justifie la relation trouvée expérimentalement.

Mais le raisonnement cinétique conduit relativement à la viscosité des fluides, à une conséquence plus contradictoire que les exceptions relatives à la diffusion signalées ici. En effet, toute explication cinétique de la diffusion peut se transposer, presque terme à terme, à la viscosité qui est une diffusion de quantité de mouvement; on trouve alors que le coefficient de viscosité η est égal au produit de la densité de la substance par le coefficient d'*interdiffusion* des molécules du liquide.

On ne connaît pas expérimentalement cette interdiffusion de la substance liquide, mais il semble bien difficile, dans une conception cinétique de la matière, de lui sup-

poser un ordre de grandeur différent de celui qui traduit la diffusion des molécules étrangères introduites en dissolution dans le liquide, soit 10^{-5} pour les coefficients d'interdiffusion. La disproportion avec les valeurs de la viscosité, environ 10^{-2}, marque le défaut du raisonnement purement cinétique dans la théorie des liquides.

On a envisagé le mouvement diffusif comme un déplacement de molécules soumises au frottement du fluide. Cela implique la variation du coefficient de diffusion d'une substance en raison inverse de la viscosité du dissolvant, relation dont j'ai fourni déjà la vérification expérimentale (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII). Mais la formule $D = \frac{RT}{N}\frac{1}{6\pi\eta a}$ qui a été proposée pour la première fois par W. Sutherland (*Transactions de l'Association australasienne pour l'avancement des Sciences*, Dunedin, janvier 1904) où l'on suppose la molécule sphérique, et la loi de Stokes applicable au frottement qu'elle supporte, est certainement trop particulière pour l'interprétation des faits. Pour les séries de corps cités qui obéissent à la loi $D\eta\sqrt{M} = \text{const.}$, il faudrait que le rayon moléculaire a soit proportionnel à $\sqrt{M}$. Les *volumes* moléculaires étant à peu près additifs, comme les masses, il ne semble guère possible d'appliquer la formule de Sutherland aux molécules mêmes.

Cette réserve ne limite en rien les applications de la même formule donnée par Einstein pour la diffusion des granules en suspension agitées par le mouvement brownien.

PHYSIQUE. — *L'éclat intrinsèque du ciel étoilé.* Note de M. **Ch. Fabry**, présentée par M. H. Deslandres.

Le nombre et la répartition dans le ciel des étoiles des diverses grandeurs ont donné lieu, dans ces dernières années, à d'importantes recherches, auxquelles sont liés quelques-uns des plus importants problèmes de Cosmogonie et de Physique : l'absorption de la lumière et la répartition des étoiles dans l'espace. Une vérification des résultats de ces travaux difficiles peut être cherchée dans la mesure de la lumière totale envoyée par le ciel étoilé, ou mieux de l'éclat intrinsèque du ciel (exprimé en grandeur stellaire par degré carré) dans les diverses régions de la sphère céleste. L'importance de pareilles déterminations a été bien mise en évidence par Newcomb, qui conclut que la valeur de l'éclat intrinsèque du ciel peut être considérée comme une des constantes fondamentales de l'Astrophysique.

Newcomb [1] puis Burns [2] ont fait des essais de mesure, tous deux visuellement et par des procédés rudimentaires. Leurs résultats peuvent être résumés ainsi :

1° D'une région à une autre du ciel, il n'y aurait pas de très grandes différences d'éclat intrinsèque. Il n'y aurait aucune différence entre les régions dont la latitude galactique dépasse 25°. Dans les parties les plus brillantes de la voie lactée, l'éclat serait seulement 2 à 3 fois celui du ciel non galactique.

2° Un degré carré de ciel non galactique équivaudrait, d'après Newcomb, à 1,15 étoile de grandeur 5; d'après Burns à 2 étoiles de grandeur 5. L'erreur probable du premier de ces nombres est évaluée à 25 pour 100, et le second est la moyenne de nombres qui varient dans le rapport de 1 à 2.

Les auteurs d'études sur la répartition des étoiles ne paraissent pas avoir pris ces résultats en grande considération, peut-être à cause du résultat inattendu relatif à l'éclat intrinsèque de la voie lactée. De nouvelles mesures n'étaient donc pas inutiles.

L'éclat intrinsèque du ciel étant très faible, les mesures photographiques sont beaucoup plus faciles que les visuelles, à cause de la possibilité de faire tomber sur la plaque un cône de rayons très ouvert, ce qui n'est pas possible pour un point de la rétine.

Un objectif ($f = 48^{cm}$) porte, dans son plan focal, un diaphragme percé d'une ouverture circulaire dont on peut faire varier le diamètre. La lumière qui a traversé cette ouverture tombe sur un système optique de court foyer ($f = 3^{cm},15$) et de grande ouverture angulaire, ayant par conséquent des qualités analogues à celles d'un objectif de microscope, qui projette sur la plaque photographique une image de l'objectif. Lorsque l'appareil est dirigé vers le ciel, on a ainsi, sur la plaque photographique, quelles que soient l'ouverture du diaphragme et la répartition des étoiles, un petit cercle uniformément éclairé, dont l'éclairement est produit par la lumière de tous les points du ciel qui font leur image à l'intérieur de l'ouverture du diaphragme. La mesure de l'éclat intrinsèque d'une région du ciel nécessite deux poses successives :

1° Une pose avec la seule lumière d'une étoile (la Polaire) choisie comme étoile de comparaison, en donnant au diaphragme une très petite ouverture;

2° Une pose sur la région étudiée du ciel, avec un diaphragme d'ouverture convenable. On fait varier cette ouverture jusqu'à ce que, dans le même temps, on obtienne

---

(1) *A crude attempt to determine the total light of all the stars* (*Astrophysical Journal*, t. XIV, 1901, p. 297).

(2) *The total light of all the stars* (*Astrophysical Journal*. t. XVI, 1903, p. 166)

la même impression que dans la première pose. Un calcul très simple donne alors la valeur de l'éclat intrinsèque en fonction de l'intensité de la polaire.

J'ai étudié seulement deux régions du ciel :

1° Une région voisine du pôle céleste, ayant 30° comme latitude galactique; l'intensité photographique de 1 degré carré y est égale à celle de 0,103 polaire, ou de 0,92 étoile de grandeur photographique 5; 2° une région entre β et γ du Cygne, une des plus brillantes de la voie lactée. 1 degré carré y équivaut à 0,212 polaire, ou à 1,90 étoile de grandeur photographique 5.

Les valeurs trouvées en fonction de l'étoile de grandeur 5 sont notablement plus faibles que celles qui résultent des mesures visuelles. Cela n'est pas surprenant, étant donné que l'échelle adoptée pour les grandeurs photographiques (Polaire = 2,62) est choisie de telle manière que les étoiles blanches (classe spectroscopique A) aient la même grandeur photographique et visuelle. Si l'on adoptait pour la Polaire la grandeur photographique 2,12 égale à sa grandeur visuelle dans l'échelle de Pickering, on trouverait que 1 degré carré de ciel non galactique équivaut à 1,46 étoile de grandeur 5, nombre intermédiaire entre ceux de Newcomb et de Burns. D'autre part, comme rapport entre le ciel galactique et le ciel non galactique, mon résultat est d'accord avec celui des mesures visuelles.

Comparaison avec les résultats d'études statistiques sur les nombres d'étoiles.

Les remarquables travaux de Kapteyn conduiraient à admettre une très grande variation de l'éclat intrinsèque en fonction de la latitude galactique. Ce résultat ne paraît pas facile à concilier avec celui des mesures directes.

Les nombres de Pickering attribuent une importance beaucoup moindre à la voie lactée, mais ils conduisent à des valeurs de l'éclat intrinsèque au moins deux fois trop petites.

Le désaccord entre les mesures d'éclat intrinsèque et le résultat des études statistiques peut d'ailleurs ne pas provenir uniquement de l'imperfection des deux séries de valeurs numériques. S'il était prouvé que la somme des intensités des étoiles observables est notablement inférieure à l'intensité totale de la lumière du ciel, on pourrait faire deux hypothèses : ou bien qu'il existe un nombre immense d'étoiles si faibles qu'elles échappent à nos moyens d'observation, ou bien qu'il existe dans tout le ciel une sorte de nébulosité continue donnant un éclat uniforme [1]. Si l'une de ces hypo-

[1] Il est évident que, pour les mesures d'éclat intrinsèque, il faut se mettre soigneusement à l'abri de toute lumière, d'origine terrestre, diffusée par le ciel. En particulier, les mesures ne peuvent être faites que très loin des villes.

thèses devenait nécessaire, il serait intéressant, et peut-être pas absolument impossible, d'obtenir le spectre de la lumière totale du ciel.

La méthode de photométrie photographique que j'ai employée pourrait se prêter à des applications variées. En choisissant convenablement les deux systèmes optiques, on pourrait mesurer l'éclat intrinsèque moyen du ciel sur une très grande surface (par exemple sur un cercle de 15° ou 20° de diamètre), ou au contraire sur un cercle très petit (par exemple de 1′ de diamètre), ce qui permettrait de comparer sans trop de difficultés l'intensité totale avec celle des étoiles observables. Peut-être pourrait-elle aussi rendre des services dans la simple comparaison des étoiles entre elles ; elle a l'avantage de faire porter la comparaison des impressions photographiques sur des cercles parfaitement uniformes, ce qui ne paraît pas être toujours le cas pour les images d'étoiles hors du foyer, souvent employées en photométrie.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption des liquides par les substances poreuses.* Note [1] de M. **J.-H. Russenberger**, présentée par M. A. Dastre.

Mes recherches sur les substances dites *colloïdales* [2], m'ont conduit à faire des expériences sur l'absorption d'eau par les substances poreuses en général.

On sait, en effet, que certaines de ces substances, mises en présence d'eau, absorbent celle-ci, se gonflent, parfois s'échauffent et même peuvent finir par se dissoudre entièrement dans cette eau.

On peut donc comparer les substances poreuses à des machines élévatoires ou à des accumulateurs d'énergie (puisque, en extrayant l'eau qu'elles contiennent, on les rend capables de fournir un nouveau travail).

Il m'a paru intéressant de tenter sur elles les mesures de force, puissance, capacité, rendement en énergie, usure, etc., que l'on fait sur des pompes et des accumulateurs électriques.

J'exposerai dans cette Note les principaux résultats obtenus dans l'étude de la *puissance*.

---

(1) Présentée dans la séance du 24 janvier 1910.

(2) J'ai déjà attiré l'attention sur le peu de précision de ce terme (*Thèse*, Paris, 1907, p. 19), et tout récemment M. H. Le Chatelier l'a également condamné pour de nouvelles raisons.

Suspendons une mèche de la substance à étudier (mèche de section constante s) à l'une des extrémités d'un fil passant sur une poulie très mobile; équilibrons-la par un contrepoids convenable suspendu à l'autre extrémité du fil. Si, maintenant, la mèche absorbe de l'eau, elle fera de plus équilibre à une surcharge p ajoutée au contrepoids. Supposons l'équilibre réalisé, l'eau étant à une hauteur h, telle qu'on ait sensiblement $h \times s = p$ (dans les cas où le volume de la substance absorbante est négligeable), cette eau continuera à monter dans la mèche avec une vitesse $\frac{dh}{dt}$, mais l'équilibre étant rompu, la mèche s'enfoncera, maintenant h constant, et soulevant le poids p suspendu à l'autre extrémité du fil. Le travail effectué dans un temps dt sera donc pdh, d'où la puissance de la mèche est exprimée par

$$p\frac{dh}{dt} \qquad \text{ou encore par} \qquad hs\frac{dh}{dt}.$$

Grâce au dispositif que nous venons de décrire, $\frac{dh}{dt}$ est constant; il nous est donné par $\frac{1}{\Delta t}$ si l'on prend $\Delta h = 1^{\text{cm}}$.

Il y a avantage à remplacer ce système un peu encombrant par un aréomètre qui ne s'enfoncerait que sous une surcharge connue. La vitesse avec laquelle la mèche, placée dans un tube en toile métallique sur l'aréomètre, effectuera ce travail, nous donnera sa puissance.

Les erreurs dues à la variation du volume du liquide déplacé pourraient être évitées par un système de compensation; je me suis toujours placé dans des conditions telles que ces erreurs aient été négligeables.

Les expériences ont donné les résultats suivants :

1° La *puissance d'absorption* varie avec la qualité de la substance absorbante : éponge, sciure de bois, buvard, coton de diverses provenances, etc.

2° Pour le coton hydrophile, toutes choses égales d'ailleurs, la *puissance* est proportionnelle à la section droite de la mèche.

3° Entre certaines limites que nous examinerons plus loin, la *puissance d'absorption* $p\frac{dh}{dt}$ des substances étudiées s'est trouvée constante, quelle que soit la hauteur à laquelle l'eau devait être portée, ou, ce qui revient au même, quelle que soit la surcharge p que la mèche avait à soulever [1].

4° Entre certaines limites, que nous examinerons également plus loin, la *puissance* d'une mèche est proportionnelle au poids Q de substance absorbante contenue dans l'unité de volume de la mèche.

5° La *puissance* augmente considérablement avec la température.

---

[1] Il en résulte que l'énergie mécanique utilisable diminue d'autant plus que le travail est effectué plus rapidement.

Il en résulte que l'on peut caractériser la *puissance spécifique* X d'une substance absorbante par les expressions

$$X = \frac{p}{Qs}\frac{dh}{dt} \tag{1}$$

ou

$$X = \frac{h}{Q}\frac{dh}{dt}, \tag{2}$$

constantes entre certaines limites, et cela à une température donnée.

Substance.	Coton A.							
Q.....	0,050	0,048	0,057	0,052	0,041	0,065	0,085	0,121
s.....	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
p.....	0,5	0,75	1,10	1,50	1	1	1	1
Δt moyen....	12″	18″	23″	∞	∞	18″	13,5″	11″
$\frac{p\,dt}{Qs\,dt}$.....	1,20	1,22	1,18	0	0	1,20	1,25	1,06

Substance.	Sciure.	Éponge.	Buvard.	Coton G.	Coton A.			
Q.....	0,14	0,069	0,26	0,058	0,052	0,054	0,0192	0,118
s.....	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,50	0,71	0,71
p.....	0,2	0,1	2	1	1	1	0,3	2
Δt moyen...	410″	87″	39″	41″	22″	10″	19″	21″
$\frac{p\,dh}{Qs\,dt}$.....	0,0005	0,023	0,275	0,59	1,23	1,23	1,16	1,14

On voit suffisamment par ces quelques exemples, pris à 20°, en particulier par les deux derniers, que les résultats ci-dessus sont vérifiés dans de très larges limites, à condition que la hauteur à laquelle l'eau doit être portée ne dépasse pas une certaine limite, variable avec la compression.

Pratiquement il y aura avantage à adopter une température, une compression et une hauteur de comparaison communes à toutes les mesures. Dans ces conditions, l'industrie du coton hydrophile, comme celle du papier buvard, posséderont un moyen de mesurer la *puissance absorbante* de leurs produits, et cela à moins de 5 pour 100 près, dans certains cas.

Si nous intégrons l'expression (2), nous sommes conduits à une deuxième méthode; il vient, en effet,

$$h^2 = 2Q \times X \times t + C. \tag{3}$$

Il suffit de placer la substance entre quatre lames de verre et noter la hauteur à laquelle le liquide se trouve à chaque instant.

J'ai pu constater que l'expression (3) était vérifiée dans de très larges limites pour le coton hydrophile, le buvard, le coton de verre, etc.

M. Goppelsrœder ayant fait des expériences analogues avec du papier buvard absorbant un très grand nombre de liquides divers, j'ai examiné ses chiffres et constaté qu'ils vérifiaient également cette expression, jusqu'à une hauteur maxima variable avec les différents liquides, hauteur à partir de laquelle la *puissance absorbante* du buvard diminue graduellement pour les liquides volatils et assez brusquement pour les liquides peu volatils.

Enfin, j'ai également vérifié ces phénomènes pour des substances absorbantes qui finissent par se *dissoudre* dans le liquide absorbé.

ÉLECTRICITÉ. — *Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricite sur l'équivalent électrochimique de l'argent.* Note [1] de MM. **F. Laporte** et **P. de la Gorce**, présentée par M. E. Bouty.

Pour comparer les valeurs de l'équivalent électrochimique de l'argent obtenues par différents expérimentateurs, il faut tout d'abord s'assurer qu'ils emploient les mêmes unités et, dans le cas contraire, corriger en conséquence les nombres trouvés.

La valeur de la correction peut être évaluée avec une approximation suffisante pour les trois derniers travaux publiés par Smith, Mather et Lowry (*National Physical Laboratory*), par Jäger et Steinwehr (*Physikalisch-Technische Reichsanstalt*), et par P. Janet, F. Laporte et P. de la Gorce (*Laboratoire central d'Électricité*).

En adoptant les unités anglaises, en remarquant que les éléments Weston employés diffèrent au plus de quelques centmillièmes et en tenant compte des rapports des unités de résistance, les résultats de ces travaux deviennent :

	Par coulomb.
	mg
NPL	1,11827
PTR	1,11818
LCE	1,11863

La dernière convention internationale ayant défini l'ampère par le dépôt d'argent, une différence de $\frac{1}{4}.10^{-3}$ était inadmissible.

Grâce aux fonds mis par la Caisse des Recherches scientifiques à la disposition de M. P. Janet, directeur du Laboratoire central, à l'instigation et sur les conseils de qui nous avons entrepris ce travail, une nouvelle série

[1] Présentée dans la séance du 24 janvier 1910.

de mesures a pu être exécutée de juin à décembre 1909; en voici les résultats :

Le montage de l'expérience et la manière d'opérer étaient les mêmes que dans notre précédent travail [1]. Cependant nous avons en général utilisé deux voltamètres en série, dans le but de faciliter les comparaisons. L'intensité du courant était d'environ $\frac{1}{3}$ d'ampère, la durée 5 à 6 heures et la masse du dépôt 7^g à 8^g. Pendant l'essai, le courant était maintenu constant et l'approximation de ce réglage était supérieure à 2.10^{-5}.

L'anode était placée dans une poche formée avec une feuille de papier à filtre, pliée régulièrement pour empêcher tout débris de l'anode de tomber dans la cathode pendant l'opération. Le papier à filtre provenait de la maison Schleicher et Schüll de Dürren (n° 595 exempt de chlore).

Les expériences tentées pour accroître l'action des impuretés ou irrégularités introduites par le papier à filtre n'ont pas donné de résultats bien nets.

Un lavage prolongé du papier à filtre dans une solution d'azotate d'argent, lavage effectué au préalable, ne paraît pas diminuer le dépôt.

Nous avons employé également un voltamètre composé d'une coupelle d'argent formant anode, placée à côté d'une coupelle égale de platine formant cathode, les deux coupelles étant réunies par un siphon en verre de $0^m,04$ de diamètre. Dans ce cas, les difficultés expérimentales sont très grandes pour maintenir avec précision la constance du courant, par suite probablement de l'échauffement de l'électrolyte qui produit ces variations de résistance. Cependant la moyenne de trois expériences semble montrer qu'avec ce montage la masse du dépôt serait augmentée de 1.10^{-4}.

Purification de l'azotate d'argent. — Nous avons essayé successivement des électrolytes obtenus en faisant des solutions à 15 pour 100 de nitrates d'argent purifiés par différents procédés. En général, nous n'avons traité à la fois que la quantité de sel nécessaire pour une seule expérience; on s'assurait que la solution obtenue était neutre.

1° *Cristallisation à l'abri de l'air, à pression réduite et à température comprise entre* 30° *et* 40°. — Après deux cristallisations, la solution, préparée immédiatement avant l'expérience, était transvasée dans le voltamètre.

En calculant nos mesures au moyen des unités anglaises, que nous avons choisies pour rendre les résultats comparables, on trouve pour la moyenne de huit expériences :

Équivalent électrochimique de l'argent : $1^{mg},11827$ par coulomb avec des écarts maxima de -13 et de $+8.10^{-5}$ avec cette valeur moyenne.

2° *Cristallisation par évaporation au bain-marie.* — Ce procédé de purification, employé dans notre précédent travail, nous avait conduit à des résultats trop élevés de 3 à 4 dix-millièmes, sans doute parce que les précautions prises soit pour la purification du sel lui-même, soit pour la conservation de la pureté de la solution pendant tout le temps de l'expérience avaient été insuffisantes. La solution concentrée

---

[1] *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2e série, t. VIII, 1908, p. 523.

de nitrate d'argent paraît absorber facilement les impuretés de l'air [1]. En prenant soin de recouvrir la solution, pour éviter tout contact prolongé avec l'air, et en purifiant le sel par deux cristallisations successives, en égouttant les eaux mères et lavant les cristaux, nous avons obtenu comme moyenne de quatre expériences :

Équivalent électrochimique de l'argent : $1^{mg},11831$ par coulomb, avec des différences maxima par rapport à la moyenne de -6 et $+14.10^{-5}$.

3° M. Glazebrook, directeur du National Physical Laboratory, a bien voulu, sur notre demande, nous envoyer du nitrate d'argent donnant à son Laboratoire le résultat normal. Ce sel, employé dans six expériences, a donné :

Équivalent électrochimique de l'argent : $1^{mg},11827$ par coulomb, et les différences maxima avec la moyenne sont -6 et $+8.10^{-5}$.

4° M. Étaix, chef des travaux de Chimie à la Faculté des Sciences, a eu l'amabilité de purifier pour nous de l'azotate d'argent par cristallisation, en évaporant la solution dans le vide sec à la température ordinaire. Le résultat de quatre expériences a été :

Équivalent électrochimique de l'argent : $1^{mg},11832$ par coulomb, avec des différences maxima par rapport à la moyenne de -11 et $+7.10^{-5}$.

5° Un nitrate d'argent commercial vendu comme pur, essayé dans deux expériences, nous a donné pour la constante de l'argent 1,11825.

Conclusion. — Ces expériences montrent que les améliorations successives introduites dans la technique très minutieuse de la purification de l'azotate d'argent ont fait disparaître la différence de 4.10^{-4} qui subsistait entre nos expériences de 1908 et les mesures du National Physical Laboratory. L'accord paraît donc satisfaisant aujourd'hui entre les nombres obtenus en France, en Angleterre et en Allemagne.

La moyenne générale de nos résultats est, en continuant à adopter les unités indiquées plus haut,

1,11829.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cristallisation spontanée du sucre.* Note de M. **G. Fouquet**, présentée par M. A. Haller.

La connaissance des conditions de cristallisation du sucre présente un grand intérêt industriel. J'ai cherché tout d'abord à vérifier si la cristallisation spontanée du sucre dans les solutions sursaturées, suivait la loi indiquée par Tammann pour les corps surfondus. Le nombre de germes spontanés formés dans un corps surfondu croît d'abord avec la surfusion, passe par un maximum pour décroître ensuite.

Les essais ont été faits sur des solutions à 82-83 pour 100 de sucre saturées à 102°, refroidies à différentes températures entre 60° et 10°, puis abandonnées à 60°. Il ne

[1] Une solution de nitrate laissée pendant 30 minutes dans une atmosphère chargée de fumée de tabac, puis employée dans le voltamètre, donne un dépôt supérieur de 5.10^{-4} à la valeur moyenne.

s'est jamais produit de cristallisation dans les solutions *au repos*. Peut-être la vitesse de formation spontanée des germes est-elle très petite, même à 10°.

La cristallisation dans les solutions *agitées* se produit au contraire d'une façon régulière. Les travaux de Miers et de ses élèves ont établi que des solutions sursaturées, agitées avec *friction mécanique*, cristallisent toujours pour une concentration déterminée à une température parfaitement définie, et que la courbe ayant pour ordonnée la concentration de la solution et pour abscisse la température de cristallisation spontanée est très sensiblement parallèle à la courbe de solubilité. Miers appelle cette courbe *courbe de supersolubilité*; elle donne pour chaque concentration la température à laquelle la solution passe de l'état métastable à l'état labile; au-dessus de cette température, la cristallisation n'est possible que par amorçage en présence de germes déjà formés.

Ces résultats s'appliquent aux solutions de sucre pur dans l'eau. Les expériences ont été faites un peu différemment de celles de Miers, avec des tubes à essais munis intérieurement d'une spirale en fil de laiton que l'on pouvait faire tourner, la spirale frottant sur les parois du tube. Le tube, rempli d'une solution sucrée pure, était maintenu pendant 30 minutes dans un bain de glycérine chauffée au-dessus du point de saturation, puis refroidi progressivement dans un bain d'eau chaude qu'on laissait refroidir naturellement. On faisait tourner constamment la spirale et l'on notait la température au moment de la cristallisation spontanée. L'observation est très nette; on voit d'abord se former une petite couche de cristaux aux points de frottement, puis presque instantanément on voit se développer au centre du tube une traînée blanche de fins cristaux. La température de cristallisation paraît bien définie pour une concentration donnée.

Le Tableau ci-dessous donne quelques-unes des mesures :

Sucre pour 100g		Température		Sucre pour 100g d'eau dans solution saturée à la température de cristallisation.	Sucre en excédent pour 100 d'eau au moment de la cristallisation
de solution.	d'eau.	de saturation.	de cristallisation.		
		°	°		
78,7	369,4	81,5	31	221,3	148,1
79,8	395	86,5	44,2	247	148
80,8	420,8	91	54,4	271,6	149,2
82,4	468,1	97,5	69,5	318,7	149,4
83	488,2	100	75	339,8	148,3
84,8	557,9		88,5	406,9	150,3
85,1	571,1		92	428,8	142,3

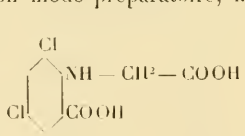
La courbe de supersolubilité est ainsi sensiblement parallèle à la courbe de solubilité, l'excédent de sucre restant à peu près constant.

Des essais en cours semblent indiquer que l'adjonction d'impuretés conserve la même allure à la courbe de supersolubilité.

La connaissance des courbes de supersolubilité des produits impurs peut présenter un grand intérêt en sucrerie, où l'on produit la cristallisation spontanée dans le système de la cuite en grains; elles permettront d'expliquer pourquoi on ne peut pas cuire en grains des sirops de pureté trop basse, et pourront servir à conduire le travail des cristallisoirs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'indigotétrachloré-5.7.5'.7'.* Note de M. **Oberreit**, présentée par M. A. Haller.

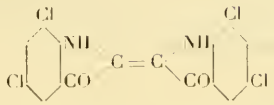
Dans une Note parue aux *Comptes rendus* de la séance du 27 décembre 1909, M. Danaila décrit la synthèse de l'indigo tétrabromé-5.7.5'.7' et de l'indigo tétrachloré-5.7.5'.7' à partir des isatines dihalogénées correspondantes. M. Danaila émet l'opinion que son tétrachlorindigo est probablement identique à celui qui a été préparé par Gnehm (¹) en partant de l'aldéhyde *o*-nitrodichlorobenzoïque, mais qui n'a pas été suffisamment caractérisé. Quoique étant d'un autre avis à ce sujet, je ne veux pas discuter ici la constitution chimique du colorant de Gnehm, mais je tiens à compléter la Communication de M. Danaila en faisant remarquer que le 5.7.5'.7'-tétrachlorindigo a déjà été décrit au brevet français n° 315180 du 19 octobre 1901. On le prépare selon ce brevet à partir de l'acide dichlorophénylglycinecarbonique, obtenu lui-même par chloruration directe de l'acide phénylglycine *o*-carbonique. Or, cet acide dichlorophénylglycinecarbonique étant identique à celui qu'on peut obtenir à partir de l'acide 3.5-dichloranthranilique selon le procédé du brevet français n° 401506, exemple 1, et qui, vu son mode préparatoire, ne peut répondre qu'à la formule



le tétrachlorindigo qui en résulte ne peut avoir d'autre constitution que celle

(¹) *Berichte der deut. chem. Ges.*, t. XVII, 1884, p. 753.

d'un indigo tétrachloré-5.7.5'.7' :



Il est donc nécessairement identique au tétrachlorindigo de M. Danaila.

Le colorant a été décrit au brevet français n° 315 180, susmentionné comme suit :

L'indigo tétrachloré qui peut se préparer au moyen de diacétyldichlorindoxyle est bleu aussi, mais se rapproche comme vivacité des couleurs d'aniline. Il résiste d'une façon extraordinaire aux oxydants; ainsi, l'acide azotique ne le décolore pas. D'autre part, il se réduit avec la plus grande facilité et forme en quelque sorte une cuve sur la fibre au moindre contact avec la soude caustique. Il s'ensuit qu'on peut l'imprimer sans mordant. Sa résistance à la lumière est parfaite.

Les propriétés typiques du 5.7.5'.7'-tétrachlorindigo, qui motivent sa supériorité industrielle relativement à l'indigo lui-même, savoir la vivacité de sa nuance, sa résistance aux oxydants et sa solidité à la lumière, étaient donc déjà connues en 1901, et il était à prévoir que ces qualités se retrouveraient dans l'indigo tétrabromé correspondant, qui n'a été obtenu qu'en 1907 par la Société pour l'Industrie chimique de Bâle par bromuration directe de l'indigo. On pouvait seulement s'attendre à ce que le colorant bromé présentât une nuance légèrement plus verdâtre que le produit chloré. Les faits ont pleinement confirmé ces prévisions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'émétique d'aniline.* Note de M. **P. Yvon**, présentée par M. E. Roux.

L'émétique d'aniline, obtenu par l'action du protoxyde d'antimoine sur le tartrate acide d'aniline, se présente sous forme de cristaux *hydratés* ou *anhydres* selon la température à laquelle s'est effectuée la cristallisation.

Sel hydraté. — Les cristaux d'émétique d'aniline qui prennent naissance à la température ordinaire, vers $+15^{\circ}$, sont hydratés et se présentent sous forme de longs prismes pouvant atteindre jusqu'à 3^{cm} et 4^{cm}; le plus souvent groupés en étoile et rayonnants autour d'un centre commun; leurs faces ne sont pas terminées. Ils sont incolores ou légèrement teintés en jaune paille, translucides; mais deviennent peu à peu opaques et prennent un aspect nacré lorsqu'on les conserve à l'air libre; ils perdent alors leur

eau de cristallisation. Cette transformation s'effectue d'autant plus vite que la température est plus élevée.

Ces cristaux renferment pour 100 parties :

Antimoine	30,195
Eau	4,48

ce qui correspond à la formule

$$C^8H^5O^6(SbO)C^6H^7Az,H^2O,$$

Antimoine	30,30
Eau	4,54

Sel anhydre. — Les cristaux qui se forment à + 35° sont anhydres. Leur existence a été signalée par F.-W. Clarke (¹) qui ne paraît pas avoir obtenu le sel hydraté. M. le professeur G. Wyrouboff a bien voulu déterminer leur forme et les caractérise de la manière suivante :

Cristaux hexagonaux assez irrégulièrement développés avec les faces $p(0001)$, $b^1(10\bar{1}1)$, $b^{\frac{1}{2}}(20\bar{2}1)$ et $b^{\frac{1}{4}}(40\bar{4}1)$. Les deux premières se trouvent à l'état de rhomboèdres. Il existe un clivage facile suivant la base :

$$1 : 1,0042.$$

Angles.	Calculés.	Mesurés.
b^1p $(10\bar{1}1\,0001)$	49°.14′	49°.20
$b^{\frac{1}{2}}p$ $(20\bar{2}1\,0001)$	66.40	66.40
$b^{\frac{1}{4}}p$ $(40\bar{4}1\,0001)$	»	77.50
$b^1b^{\frac{1}{4}}$ $(40\bar{4}1\,0\bar{4}\bar{4}1)$	58.32	58.26

Uniaxe positif : biréfringence assez forte.

Ils sont translucides et légèrement colorés en jaune paille.

La moyenne d'un assez grand nombre de déterminations indique pour ces cristaux une proportion d'antimoine égale à 32,12 pour 100.

Ce chiffre correspond à la formule

$$C^8H^5O^6(SbO)C^6H^7Az$$

antérieurement donnée par Clarke et dont la teneur théorique en antimoine est de 31,746 pour 100.

(¹) F.-W. Clarke, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, p. 1540, Berlin, 1882.

Pouvoir rotatoire. — L'émétique d'aniline agit sur la lumière polarisée et est fortement dextrogyre.

Le pouvoir rotatoire par rapport à la lumière jaune a été déterminé sur des solutions aqueuses renfermant de 2g à 5g de sel pour 100cm3 de liquide.

Il a été trouvé égal à :

Sel hydrate	115°,61 à +17°
Sel anhydre	121°,28 à +19°

Densité. — La densité a été déterminée par rapport à l'essence de térébenthine; elle est égale à :

Sel hydraté	1,569 à +20°
Sel anhydre	2,112 à +18°

Solubilité. — L'émétique d'aniline est très soluble dans l'eau; les résultats obtenus sont les suivants :

	Eau a			
	+15°.	+20°.	+35°.	+100°.
1g de sel hydraté se dissout dans	6g,07	5g,06	4g,15	0g,541
1g de sel anhydre se dissout dans	6g,36	5g,82	4g,35	0g,567

La solubilité dans l'alcool est très faible; à la température de + 20° les chiffres obtenus sont les suivants :

	Sel hydraté.	Sel anhydre.
100g d'alcool à 60° dissolvent	0g,626	0g,598
100g d'alcool à 90° dissolvent	0g,106	0g,101

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur la filtration de quelques diastases du malt.* Note de M. **Maurice Holderer**, présentée par M. E. Roux.

Dans une précédente Note (1) j'ai démontré que, quand on neutralise à la phénolphtaléine la macération de l'*Aspergillus niger*, sa sucrase traverse presque complètement les bougies de porcelaine. Si au contraire on neutralise au méthylorange, la diastase est presque entièrement retenue à la filtration. Dans une autre Note ensuite, en collaboration avec M. Gabriel Bertrand (2) dans un travail sur la cellase, nous avons étendu ces mêmes résultats à l'émulsine, la cellase et la maltase de la même moisissure.

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1153.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 230.

Aujourd'hui je veux montrer que la même règle s'applique également aux diastases du malt : l'amylase, la dextrinase et la peroxydiastase.

60g de malt finement moulu sont mis à macérer à la température ordinaire avec 600cm³ d'eau distillée, en agitant très souvent. Après une heure de contact on filtre sur papier ordinaire. Le filtrat est divisé en trois portions. La première A est acidifiée avec HCl de façon à être franchement rose au méthylorange. La seconde B est neutralisée avec NaOH, à la phtaléine. La troisième N ne reçoit que de l'eau distillée pour l'amener à la même dilution que A et B. On procède ensuite à la filtration avec trois bougies en porcelaine Chamberland F. Les premières portions du filtrat sont rejetées. Sur un volume connu de la fin du filtrat ainsi que des témoins non filtrés on rétablit la réaction naturelle en ayant soin d'amener avec de l'eau distillée et une solution de NaCl les trois extraits diastasiques à la même dilution et à la même concentration en NaCl.

I. *Diastase liquéfiante* (*amylase*). — Comme l'extrait de malt est très riche en amylase, il faut prendre très peu d'extrait pour voir l'effet de la filtration. 1cm³ des diastases diluées au vingtième est mis dans des flacons coniques avec 50cm³ d'empois de fécule à 2 pour 100. Les flacons sont placés successivement une demi-heure au bain-marie réglé à 43°. Il y a un flacon pour chacune des macérations A, B, N non filtrées et les mêmes filtrées. En plus il y en a un pour l'extrait neutre N filtré et bouilli. Le pouvoir liquéfiant se mesure avec un viscosimètre, genre Kling, c'est-à-dire une pipette munie d'un tube de Mariotte intérieur pour réaliser un écoulement sous pression constante. Dans la colonne II du Tableau suivant j'indique combien de secondes il faut pour l'écoulement de 25cm³ des empois liquéfiés par 1cm³ des diastases diluées. La colonne III donne les nombres obtenus en employant 1cm³ des diastases non diluées, c'est-à-dire 20 fois plus.

	AMYLASE.		DEXTRINASE.		
Nature de l'extrait diastasique	Durée d'écoulement de 25cm³ d'empois avec 1cm³ d'extrait : dilué.	non dilué.	Milligrammes de CuO (¹).	Milligrammes de maltose.	Dédoublement pour 100 d'amidon.
N neutre	106	77	59	53,8	21,2
N filtré	5750	78	36	32,5	12,8
N filtré bouilli	6300	3300	0	0	0
A d'abord acidifié	5580	107 (?)	9	8	0,03
A filtré	6500	106	traces	traces	traces
B d'abord alcalinisé	192	77	45	40,8	16,1
B filtré	203	78	44,7	40,5	16,0

(¹) Déduction faite du pouvoir réducteur dû à l'extrait, c'est-à-dire 3mg de CuO.

Pour permettre l'écoulement de 25^{cm^3} d'eau distillée, il faut 77 secondes. On voit que l'acidification a fortement affaibli l'amylase, sans toutefois la détruire, car dans la colonne III il y a liquéfaction presque complète. L'extrait A filtré donne un nombre plus grand que N bouilli, 6500 au lieu de 6300. Pourtant ce même extrait A filtré présente encore une certaine activité, qu'on peut mettre en évidence dans la colonne III, où il y a également liquéfaction presque complète. C'est que les erreurs d'expérience ne sont pas négligeables. Il suffit d'une très faible variation de température pour avoir des écarts dans les résultats atteignant 2 pour 100. Pourtant les chiffres de la colonne II sont très nets pour montrer que la filtration alcaline B n'a pas retenu la diastase, comme cela a lieu dans la filtration neutre et acide.

II. *Dextrinase* (*diastase saccharifiante*). — Je me suis inspiré de la méthode de Ford et Guthrie [1] pour comparer l'activité saccharifiante des échantillons diastasiques.

5^{cm^3} des mêmes extraits de malt dilués au vingtième sont mis en contact avec 50^{cm^3} d'une solution à 3 pour 100 d'amidon soluble préparé d'après la méthode de MM. J. Wolff et A. Fernbach. On opère dans sept fioles jaugées de 100^{cm^3}, placées au bain-marie réglé à 51°. Après 1 heure on retire les flacons. On arrête l'action diastasique par 5 gouttes de soude normale, on amène à 100^{cm^3} et sur 20^{cm^3} on dose le maltose formé par la méthode de G. Bertrand. Les résultats se trouvent dans les colonnes IV, V, VI du Tableau précédent.

Aux erreurs d'expérience près, il n'y a pas de différences entre la dextrinase de l'extrait alcalinisé, qu'il soit filtré ou non. Mais l'affaiblissement par la filtration est de moitié dans la filtration neutre et de $\frac{1}{10}$ environ dans la filtration acide.

III. *Peroxydiastase*. — J'ai trouvé des résultats analogues avec la peroxydiastase du malt. J'ai dû diluer au $\frac{1}{10}$ mes extraits et ne prendre qu'une goutte de ces diastases. La macération filtrée alcaline colore presque aussi vite le gayacol en présence de H^2O^2 que la macération non filtrée, tandis que les filtrats sont bien moins actifs si la filtration s'est faite en milieu normal et surtout en milieu acide. Je donnerai ailleurs les détails d'expérience. En tous les cas il semble que des traces de NaCl favorisent beaucoup cette oxydation [2].

---

(1) *Journ. Inst. of Brewing*, 1905, p. 206.

(2) Voir Fouard, *Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 796.

Il paraît donc très probable que la règle que j'ai établie pour la sucrase d'*Aspergillus niger* est générale, car elle est déjà démontrée pour sept diastases très différentes. Une restriction doit être faite pour les diastases qui, dans le transport électrique, vont à la cathode. L'expérience seule peut répondre à ce sujet. Je compte étudier cette question et généraliser encore la règle que j'ai établie.

CHIMIE AGRICOLE. — *Emploi du bore comme engrais catalytique.* Note de M. H. **Agulhon**, présentée par M. E. Roux.

Un assez grand nombre de travaux rendent vraisemblable la présence constante du bore chez les végétaux. J'ai moi-même confirmé cette donnée par de nouvelles recherches (1) à l'aide de méthodes très sensibles et très précises étudiées en collaboration avec M. G. Bertrand (2). Le bore est-il nécessaire ou tout au moins utile au développement du végétal? L'emploi de la méthode synthétique est seul apte à nous fournir des renseignements à ce sujet.

On conçoit l'importance à la fois théorique et pratique de telles études : leur ensemble permet la connaissance exacte de la composition chimique nécessaire et suffisante des êtres vivants ; elles développent en agriculture la notion nouvelle des engrais catalytiques dont le manganèse est le premier exemple (3).

Des expériences ont été faites d'abord sur les êtres inférieurs, levures, *Aspergillus niger*, ferment lactique ; elles ne m'ont pas permis de trouver des doses favorables de bore pour ces organismes (le bore était introduit dans les milieux sous forme d'acide borique, comme d'ailleurs dans toutes les expériences qui suivent).

Avec les végétaux supérieurs, au contraire, le bore apparaît comme un élément très actif. J'exposerai les résultats obtenus en les rangeant d'après le mode expérimental employé.

---

(1) Voir pour ces recherches et le détail des expériences qui font l'objet de cette Note : H. Agulhon, *Recherches sur la présence et le rôle du bore chez les végétaux* (*Thèse*, Paris, 1910).

(2) G. Bertrand et H. Agulhon, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910.

(3) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 1255.

1° *Cultures en milieu liquide synthétique stérile.*

Les graines, stérilisées par plusieurs lavages au sublimé et à l'eau stérile, sont ensemencées dans un appareil particulier stérilisable qui contient la solution nutritive additionnée de doses croissantes de bore. Voici les résultats obtenus dans ces conditions au printemps et à l'été 1907 avec du blé (le poids moyen porte toujours sur un minimum de quatre plants) :

Bore en milligrammes par litre de solution.	Poids moyen d'un plant sec après 58 jours de culture		
	de la racine.	de la tige.	Total.
	g	g	g
0	0,099	0,657	0,756
0,1	0,099	0,557	0,656
0,5	0,114	0,663	0,777
1	0,099	0,674	0,773
2,5	0,155	0,742	0,897
5	0,151	0,845	0,916
10	0,160	0,900	1,060
20	0,085	0,524	0,609
50	0,042	0,319	0,361
100	0,004	0,055	0,059

Pour des doses supérieures la plante meurt.

Nous voyons nettement, par le simple examen de ces chiffres, l'existence d'une courbe de l'action du bore sur la croissance du blé; l'optimum est situé vers $0^g,005$ à $0^g,010$ pour 1000 de liquide de culture. Pour les doses élevées, la germination est retardée, les plants restent jaunâtres; les racines semblent être touchées les premières par l'action toxique.

2° *Culture en milieu solide synthétique.*

Des pots de terre paraffinés sont remplis de 2^{kg} de sable siliceux particulièrement purifié. On arrose avec une solution nutritive additionnée de doses de bore croissantes. On maintient dans les pots préalablement tarés une humidité de 10 pour 100 environ. Dans ces conditions nous observons encore l'existence de doses favorables. La dose optima est l'addition à la quantité de sable employée de $0^{mg},05$ de bore. Les augmentations du poids sec des récoltes varient entre diverses expériences faites à des époques différentes : de 8 à 40 pour 100 pour le blé, de 16 à 59 pour 100 pour l'avoine, de 10 39 pour 100 pour le radis.

3° *Cultures en terre.*

1. Des pots paraffinés sont remplis d'un même poids de terre ($1^{kg},2$) rendue aussi homogène que possible par passage au tamis. On ajoute dans chaque pot des quantités d'acide borique correspondant à des doses de bore connues. Pour l'addition

de 5^{mg} de bore les augmentations du poids sec de la récolte sont de 28 pour 100 pour la luzerne, de 9 pour 100 pour le maïs, de 55 pour 100 pour le pois, de 9 pour 100 pour le radis; pour cette dernière plante, l'optimum est situé plus bas et l'augmentation atteint 14 pour 100 avec la dose de $0^{mg},5$.

Dans tous les cas l'action favorisante se manifeste pour plusieurs doses, établissant ainsi l'existence d'une courbe de l'action du bore analogue à celle de l'expérience en milieu stérile liquide. L'application possible du bore comme engrais catalytique ressort de ces faits.

II. Des expériences en pleine terre confirment cette prévision. Des parcelles d'un même terrain de 3^{m^2} de surface ont été arrosées de doses variées de bore. Pour un certain nombre de plantes supportant bien le bore (maïs, colza, navet) l'addition de $0^g,5$ de bore, c'est-à-dire de 3^g environ d'acide borique par mètre carré de terrain, donne les meilleurs résultats. Pour d'autres (avoine, pois) cette dose est trop forte et apparaît comme indifférente. Voici les résultats expérimentaux :

Bore ajouté par mètre carré.	Poids moyen d'un plant sec.			Poids de la récolte.	
	Maïs.	Colza.	Navet.	Pois.	Avoine.
	g	g	g	g	g
Témoin 0.....	18,5	5,75	2,15	84	618
» $0^g,5$.....	27,9	6,97	2,85	85	625
» 1^g.....	35,8	7,28	2,38	42	520

Les augmentations pour la dose de $0^g,5$ par mètre carré sont de 50 pour 100 pour le maïs, de 21 pour 100 pour le colza, de 32 pour 100 pour le navet.

Des dosages d'acide borique faits sur les maïs ainsi récoltés montrent que les cendres des plants poussés sur terrain additionné de la dose optima de bore ne présentent pas une teneur en cet élément plus forte que celles des plants poussés sur le lot témoin. Pareil fait a été observé par G. Bertrand pour le manganèse. Au contraire, pour la dose supérieure, les cendres renferment une quantité de bore plus élevée que la normale et l'on observe une augmentation du poids de cendres pour 100 de plante sèche; la plante subit une surminéralisation et par suite une augmentation de sa teneur en eau, qui donne pour les poids de plante fraîche une dose de bore optima plus élevée que pour les poids secs (maïs, colza, navet). Fliche et Grandeau [1] ont observé le même phénomène d'augmentation du taux des cendres sur le

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. II, 1874, p. 354.

châtaignier poussé en sol trop calcaire. Il semble qu'il y ait là une réaction générale des plantes à l'excès d'un élément utile. Voici les chiffres obtenus avec le maïs :

Bore par mètre carré.	Cendres pour 100 de matière sèche.	Eau pour 100 de plante fraîche.	Acide borique pour 100 de cendres.
g			
0	13,6	88,20	0,140
0,5	13,0	88,90	0,140
1	15,7	89,98	0,154

De cet ensemble de résultats on peut tirer les conclusions suivantes : *Le bore est un élément utile aux végétaux supérieurs.* L'addition de petites quantités de bore dans un milieu de culture synthétique ou dans un sol naturel augmente sensiblement le poids de matière sèche formée. Il pourrait entrer facilement dans la pratique agricole étant donnés le peu de prix des quantités actives et l'augmentation de récolte qui correspond à leur emploi. La valeur culturale du bore paraît approcher celle du manganèse.

HYDROLOGIE. — *Radioactivité de quelques sources sauvages des Vosges.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Arm. Gautier.

A côté des sources thermales de Plombières, Luxeuil, Bains, auxquelles on peut ajouter celles de Bourbonne et les eaux froides de Bussang (Jacquot et Willm), il existe dans la région des Vosges des sources thermales non captées dont nous avons cru intéressant de déterminer la radioactivité des eaux et des gaz (août 1909).

Sources de la Chaudeau. — Ces sources sont nombreuses et leur débit peut atteindre, d'après Jutier et Lefort [1], 200^{m^3} par 24 heures ; quelques-unes sortent, de poudingues et grès vosgiens, du lit même de la Semouse, et l'une d'elles, plus importante, émerge d'une flaque d'eau en formant au-dessus du niveau de celle-ci une coupe de 5^{cm} à 6^{cm} de hauteur, ce qui laisse à supposer qu'en raison de sa force ascensionnelle l'eau thermale n'est que peu ou pas mélangée d'eau de la rivière.

Pour faire une prise d'eau dans ce griffon, réduit à une fente entre deux rochers,

---

[1] Jutier et Lefort, *Annales de la Société d'Hydrologie médicale de Paris*, t. VII, 1862.

nous avons enfoncé aussi profondément que possible (environ 20^{cm}) un tube de cuivre de 1^{cm} de diamètre, coudé à angle droit, à l'autre extrémité duquel était fixé un tube de caoutchouc de plusieurs mètres de longueur dont l'extrémité libre se trouvait dans une bouteille vide. La panse de celle-ci était dans l'eau et le goulot dépassait seulement de 2^{cm} le niveau de la rivière. Les tubes avaient été remplis par aspiration et la dénivellation était suffisante pour permettre de siphonner l'eau du griffon dans la bouteille et de remplir celle-ci complètement. Le thermomètre enfoncé au même endroit indiquait 22°,2, tandis que l'eau de la rivière était à 13°,8.

Il y a lieu de remarquer que l'eau du griffon était exempte de gaz; ceux-ci se dégageaient de la même fente, mais à 20^{cm} environ en aval de la cloche formée par l'arrivée principale de l'eau; nous avons pu en recueillir en utilisant un petit entonnoir métallique légèrement aplati.

Dans la prairie située sur la rive gauche de la Semouse se trouvent plusieurs sources dont une importante émerge d'un trou de plus de 1^{m^2} placé à une dizaine de mètres de la rivière. Des bulles de gaz se dégagent en abondance de toute la surface du fond sableux, nous avons pu facilement en faire une prise de 200^{cm^3} en une demi-heure au moyen d'un collecteur formé d'un disque de métal à bord rabattu de 32^{cm} de diamètre percé d'un trou. Nous avons également recueilli un échantillon de l'eau.

D'autres sources abondantes furent aussi mises à jour au cours de travaux effectués dans les forges voisines. Leur température élevée en rendait l'aveuglement fort difficile.

Source de Fontaines-Chaudes. — Cette source se trouve perdue au milieu des bois, à 6^{km} à l'ouest de Bains, au pied d'une falaise formée par une faille dont le bord occidental fortement relevé met sur presque toute sa hauteur le grès vosgien à découvert. Cette source est captée dans un enchambrement en pierre de plus de 1^{m} de côté; le fond est formé de pierres et de gros cailloux roulés et les gaz se dégagent en abondance sous forme de bulles énormes. Nous en avons recueilli 200^{cm^3} en 30 minutes, avec le même dispositif que pour l'eau de la prairie à la Chaudeau.

Source de Chaudes-Fontaines ou du Beherrey. — Cette source se trouve sur la rive droite de la Moselle à 8^{km} au sud-est de Remiremont. Elle est placée exactement à la séparation du granite porphyroïde et du granite commun de la région (Jutier et Lefort), celles de Plombières se trouvant à une petite distance de la séparation des deux granites. Le fond de la source est rempli de sable et de cailloux roulés. Les gaz se dégagent abondamment de toute la surface et il nous a suffi de 10 minutes pour en recueillir 200^{cm^3}. Ce dégagement gazeux est beaucoup plus important que celui de l'ensemble des sources de Plombières, et cependant ici le débit aqueux est très faible.

Les sources de la *Chaudeau* (prairie) et *Chaudes-Fontaines* sont envahies par la végétation, plantes terrestres ou aquatiques et racines d'arbres. Dans ces deux sources, et également dans celle de Fontaines-Chaudes, vivent poissons et grenouilles,

Les valeurs de la radioactivité sont données dans le Tableau ci-dessous :

Sources.		Température.	Radioactivité en milligrammes-minutes pour 10^{l}. Gaz	Eau.
Chaudeau	Rivière	22,2	5,40	0,89
	Prairie	22,1	2,95	0,82
Fontaines-Chaudes		27,5	2,40	0,58
Chaudes-Fontaines (Reherrey)		22,9	2,70	0,56

La radioactivité des gaz et eaux de ces sources est donc assez élevée. Les sources n'étant pas captées, l'eau thermale qu'elles émettent se trouve certainement mélangée d'eau superficielle. Nous ne connaissons pas le débit de ces sources, mais pour toutes, et en particulier pour celle du Reherrey, ainsi que nous l'avons fait remarquer, le rapport du volume des gaz au volume de l'eau est très important et beaucoup plus considérable qu'à Plombières.

M. **Hugh Clements** adresse une Note intitulée : *The causation, periodicity and distribution in latitude of sun-spots.*

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 31 janvier 1910.

Institut de France. Académie des Sciences. *Réunion du Comité international permanent pour l'exécution de la Carte photographique du Ciel, tenue à l'Observatoire de Paris en* 1909. Paris, Gauthier-Villars. 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Altitude and azimuth tables for facilitating the determination of lines of position and geographical position at sea the simplest and readiest in solution, by

RADLER DE AQUINO. Londres, J.-D. Potter; Rio de Janeiro, chez l'auteur, 1910; 1 vol. in-8°.

Die Magnetfelder der Sonnenflecken und die Kathodenstrahlung der Sonne, von H. RUDOLPH. Stuttgart, Otto Sautter, 1909; 1 fasc. in-8°.

Ueber den gegenwärtigen Stand der Theorie der ganzen transzendenten Funktionen, von G. VIVANTI. (Extr. de *Archiv der Mathematic und Physik*, III, Reihe XV, Heft 4.) Leipzig, B.-G. Teubner; 1 fasc. in-8°.

De l'influence des mouvements de l'écorce terrestre et de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou, par K. GAMOW. Saint-Pétersbourg, 1910; 1 fasc. in-8°.

Untersuchungen über den Rheotropismus der Wurzeln, von B. HRYNIEWIECKI, mit 3 Tafeln und 9 Figuren im Text. Jurjew (Dorpat), C. Mattiesen, 1908; 1 fasc. in-4°.

Thoughts on natural philosophy and the origin of life, by A. BIDDLECOMBE. Newcastle, R. Ward et fils, 1909; 1 fasc. in-8°.

Esposizione dell' attivita scientifica e didattica di LEONARDO RICCIARDI. Cava dei Tireni, E. di Mauro, 1909; 1 fasc. in-8°.

Annual report of the curator of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College for 1908-1909. Cambridge (États-Unis), 1909; 1 fasc. in-8°.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo, Direttore : G.-B. GUCCIA; t. XXIX, anno 1910, fasc. 1, 2. gennajo-aprile. Palerme; 2 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 6 décembre 1909.)

Note de M. *Cirera*, Sur la perturbation magnétique du 25 septembre 1909 :

Page 1035, ligne 7 en remontant, *au lieu de* vitesse de 1^{km}, *lisez* vitesse de 1000^{km}.

(Séance du 27 décembre 1909.)

Note de MM. *E. Briner* et *A. Wroczynski*, Réactions chimiques dans les gaz soumis aux pressions très élevées : décomposition de l'oxyde d'azote : formation du chlorure de nitrosyle :

Page 1374, ligne 7, *au lieu de* 28^{atm}, *lisez* 280^{atm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 FÉVRIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation d'un Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de Lord Rayleigh pour occuper le poste d'Associé étranger vacant par le décès de M. *Simon Newcomb*.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un moyen de restituer aux sulfures alcalino-terreux leurs propriétés phosphorescentes.* Note de M. **D. Gernez.**

Dans les nombreuses expériences qu'il a effectuées sur les sulfures alcalino-terreux, Edmond Becquerel a recherché les procédés les meilleurs pour obtenir les produits les plus phosphorescents, en variant beaucoup leurs modes de préparation. Il utilisait soit l'action directe du soufre sur les carbonates ou les oxydes alcalino-terreux, soit les actions réductrices sur les sulfates, en employant successivement comme matières premières les composés naturels et les mêmes corps préparés à l'état de pureté. Il fut ainsi amené à signaler l'influence qu'exerce, sur la phosphorescence du corps obtenu, la présence, en petite quantité, de matières étrangères qui en font varier beaucoup la couleur et l'intensité.

M. A. Verneuil, s'inspirant de ce résultat, eut le mérite de préciser la nature de ces matières étrangères. L'analyse complète d'un sulfure de calcium, dont la phosphorescence était très brillante, lui montra qu'il contenait quelques centièmes de composés du sodium (carbonate et chlorure) avec quelques dix-millièmes d'une substance dont

l'action était prépondérante, le sulfure de bismuth [1]. Le sulfure de calcium, préparé avec la composition qu'il a déterminée, présente une phosphorescence violette à la fois très intense et d'une remarquable durée.

Plus de 10 ans après, M. Mourelo [2], utilisant les indications données par M. A. Verneuil sur le sulfure de calcium, les appliqua à la préparation du sulfure de strontium, en modifiant convenablement les proportions des matières employées, et obtint des produits phosphorescents d'une remarquable intensité. Il varia, comme l'avait fait Edmond Becquerel, les modes de préparation du sulfure de strontium en ajoutant les matières dont M. A. Verneuil avait signalé l'importance, et fit une longue étude des divers produits qu'il avait obtenus.

Dans le courant de l'année 1897, j'ai eu la curiosité de préparer les sulfures de calcium et de strontium phosphorescents. En suivant avec soin les indications données par M. A. Verneuil et M. Mourelo, j'obtins facilement des produits comparables à ceux qu'ils avaient préparés.

Comme le sulfure de baryum ne me parut pas avoir été l'objet d'études suivies, il me sembla qu'il suffisait de modifier les proportions de matière recommandées par M. A. Verneuil, résultant de la substitution du baryum au calcium, pour obtenir un composé phosphorescent. Les produits préparés étaient remarquables par l'intensité de la phosphorescence, dont la couleur variait du jaune d'or à l'orangé et au rouge.

Je renfermai ces divers sulfures les uns dans des tubes de verre scellés à la lampe, les autres dans des vases mal bouchés qui les laissaient en communication avec l'extérieur.

Six ans après, en mai 1903, ayant examiné ces produits, je constatai que ceux que j'avais mis en tubes scellés avaient conservé leurs propriétés phosphorescentes; il n'en était pas de même des autres qui les avaient perdues, ou chez lesquels elles n'étaient perceptibles, après exposition à une vive lumière, qu'à la condition d'être observées après un séjour prolongé dans une chambre absolument noire. L'action de l'air extérieur avait donc peu à peu enlevé à ces sulfures leur propriété.

M. Mourelo avait en 1897 [3] fait une étude de la stabilité de la phosphorescence des diverses variétés de sulfure de strontium qu'il avait préparées. A cet effet il les exposait, dans des tubes ouverts aux deux bouts, pendant 3 heures, à l'action des rayons solaires, la température ambiante étant de 45°. Il reconnut que, pendant la

---

(1) *Comptes rendus*, t. CIII, 1886, p. 600, et t. CIV, 1887, p. 506.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXIV, 1897, p. 1024, 1237 et 1544, et t. CXXV, 1897, p. 462, 775 et 1098, etc.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 462.

durée de cette expérience, la phosphorescence du sulfure de strontium perdait beaucoup de son intensité, lorsqu'il résultait de la réduction du sulfate; un peu moins s'il provenait de l'action du soufre sur le carbonate. Dans ces deux cas, il constatait une transformation du sulfure en sulfate. Le produit obtenu suivant les indications de M. A. Verneuil, dont les grains étaient comme vernissés, paraissait inaltéré après l'opération. Mais, si on la réitérait plusieurs fois, sa phosphorescence s'affaiblissait graduellement.

Il résultait de là que le sulfure de strontium, quel que soit son mode de préparation, peut subir, de la part de l'air, dans les circonstances indiquées, une altération qui en affaiblit la phosphorescence.

Très longtemps avant ces recherches, M. Abney [1], opérant sur du sulfure de calcium phosphorescent en suspension dans l'eau, avait montré qu'il perd lentement sa propriété et qu'elle disparaît complètement au bout de 4 mois.

Ces résultats établissaient que la phosphorescence des sulfures de calcium et de strontium et, vraisemblablement aussi, celle du sulfure de baryum pouvaient s'atténuer lentement, puis s'éteindre sous l'action prolongée de l'air et de l'eau. Si les échantillons de ces sulfures, préparés en 1897 et conservés dans des vases incomplètement fermés, se retrouvaient, en 1903, peu ou pas phosphorescents, tandis que ceux qui étaient restés en tubes scellés n'avaient rien perdu de leurs propriétés, il était naturel de supposer que l'air humide agissant sur les divers sulfures, qui constituent chacun de ces produits complexes, pendant 6 années, les avait en totalité ou en partie transformés en sulfates qui ne sont pas phosphorescents. Il résultait de cette induction qu'il y avait des chances de restituer à ces produits modifiés leurs propriétés initiales, en ramenant par une action réductrice le sulfate formé à l'état de sulfure. Pour en contrôler la valeur, j'essayai l'action de l'hydrogène à haute température. Voici la manière d'opérer que j'ai pratiquée en 1903 :

Je plaçais la matière à revivifier dans un tube effilé à une extrémité, formé d'un verre aussi peu fusible que possible, logé dans une gouttière de tôle, garnie d'une mince couche d'amiante, et disposée sur une grille à analyse, chauffée par une rampe de becs de gaz plats. L'autre extrémité du tube restait en relation avec une grande éprouvette à ponce sulfurique, desséchant au passage l'hydrogène d'un réservoir.

Je chassais de l'appareil l'air qui sortait par la pointe effilée du tube, remplacé par l'hydrogène, et je chauffais graduellement le tube de manière à l'amener à la température de ramollissement du verre, que je maintenais de 15 à 20 minutes pendant les-

---

(1) *Philosophical Magazine*, 3e série, t. XIII, 1881, p. 212.

quelles passait le courant d'hydrogène. J'arrêtais alors le courant et fermais au chalumeau la pointe du tube dont le contenu se refroidissait dans une atmosphère d'hydrogène. Pendant cette opération, dès que le tube était arrivé à la haute température, il se produisait une série de petites explosions qui indiquaient évidemment la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène de la matière, et en même temps il se condensait des gouttelettes d'eau sur la partie du tube qui n'était pas chauffée, et souvent il se déposait un peu de soufre. Après le refroidissement, les produits de cette opération étaient devenus très brillamment phosphorescents.

J'ai conservé, dans des tubes de verre, scellés à la lampe, les résultats d'une quinzaine d'expériences réalisées en mai 1903 sur des sulfures de baryum, de strontium et de calcium, et sur des mélanges de sulfures de baryum et calcium, ainsi que de sulfures de strontium et calcium préparés en 1897. Ils n'ont, depuis cette revivification, rien perdu de leurs propriétés phosphorescentes, récupérées par l'action de l'hydrogène à haute température.

Détourné de cette étude, en 1903, par d'autres recherches, je n'en ai pas publié les résultats. Mais, comme il n'est pas à ma connaissance que cette question ait été traitée jusqu'aujourd'hui, j'estime qu'il n'est pas inutile de les signaler; je vais indiquer de plus les expériences nouvelles que j'ai récemment réalisées pour en élucider le mécanisme.

1° *Expériences sur le sulfure de baryum en petits fragments.* — La matière première préparée en 1897 et contenue dans un vase mal fermé n'était, en mars 1903, que peu phosphorescente; elle l'était moins encore en décembre 1909. Il fallait séjourner longtemps dans la chambre noire pour saisir la faible lueur qu'elle émettait, après exposition à une vive lumière.

J'ai cherché si la revivification de ce sulfure de baryum ne pourrait pas être réalisée par l'emploi de la chaleur sans hydrogène.

En le soumettant au chauffage, dans les conditions des expériences de 1903, j'ai reconnu qu'on ranime une très faible phosphorescence en le maintenant pendant 15 à 20 minutes à la température de ramollissement du verre de Bohême. Un second chauffage pareil dans le même tube n'a pas produit d'augmentation dans l'intensité de la phosphorescence. Mais, en chauffant de nouveau la matière laissée dans le même tube, pendant le même temps, et la faisant traverser par un courant d'hydrogène sec, j'ai constaté que les petites explosions indiquées plus haut se produisaient, avec dégagement de vapeur d'eau. Le produit obtenu, examiné après refroidissement dans une atmosphère d'hydrogène et, plus tard, après remplacement de l'hydrogène par l'air, était doué d'une vive phosphorescence d'un jaune d'or très brillant.

La même matière première, chauffée immédiatement, dans les mêmes conditions et traversée par un courant d'hydrogène sec, donne le même résultat. D'où il faut conclure que la chaleur seule n'a qu'une très faible

influence pour ramener la phosphorescence du sulfure de baryum, tandis qu'elle est pleinement rétablie par un courant d'hydrogène agissant, pendant le même temps, à la même température.

2° *Expériences sur le sulfure de baryum pulvérulent.* — J'ai effectué ces expériences parce qu'il a été affirmé que les sulfures alcalino-terreux en grains ont une phosphorescence qui perd beaucoup de son intensité par la pulvérisation.

La poudre que j'ai employée provenait d'une opération faite aussi en 1897, contenue, depuis cette époque, dans un vase mal fermé et n'ayant qu'une phosphorescence extrêmement faible. Je l'ai chauffée seule, pendant 20 minutes, dans un tube de verre fermé à une de ses extrémités et effilé, à l'autre, en une pointe ouverte pour la sortie de l'air provenant de la dilatation et que je fermais au chalumeau à la fin de l'expérience. Après refroidissement j'ai constaté que la phosphorescence s'était accentuée davantage, mais restait faible.

Le tube, remis en place et chauffé pendant le même temps à la même température dans un courant d'hydrogène sec, s'est trouvé, après refroidissement, très brillamment phosphorescent.

3° *Expériences sur du sulfure de baryum altéré par l'eau et l'air.* — Enfin, j'ai soumis aux mêmes épreuves un sulfure de baryum phosphorescent dont j'avais modifié la propriété de manière à la rendre très difficilement appréciable. Je l'avais, à cet effet, soumis à des séjours très nombreux et longtemps prolongés dans l'eau, à la température d'environ 20°, alternant avec des dessiccations au contact de l'air.

Soumis à l'action seule de la chaleur, et comparé, après refroidissement, au produit non chauffé, pris comme témoin, il s'est montré plus phosphorescent. Chauffé ensuite dans un courant d'hydrogène sec pendant le même temps et à la même température, il brillait, *après le refroidissement* [1], d'un vif éclat, après exposition à la lumière du jour.

Les mêmes expériences répétées sur d'autres échantillons de sulfure de baryum m'ont donné les mêmes résultats.

Expériences sur le sulfure de strontium. — J'ai réalisé des séries d'expériences semblables aux précédentes et dans les mêmes conditions sur le sulfure de strontium.

---

[1] J'insiste sur cette condition, car j'ai toujours constaté que le tube contenant ces produits, exposé en pleine lumière et observé encore chaud, ne me semblait pas phosphorescent.

J'ai utilisé des échantillons de sulfure phosphorescent préparés en 1897. Depuis 12 ans, ils étaient contenus dans des vases mal fermés et s'étaient modifiés au point que leurs propriétés phosphorescentes étaient à peine perceptibles.

Soit en fragments, soit en poudre, ils se sont comportés de la même manière. Chauffés seuls, ils ont retrouvé un peu de leur propriété phosphorescente; soumis pendant le même temps aux mêmes températures à l'action d'un courant d'hydrogène sec, ils ont dégagé de la vapeur d'eau en produisant une série de petites explosions et sont devenus brillamment phosphorescents. Il en a été de même des produits phosphorescents que j'ai intentionnellement altérés par de nombreux séjours alternatifs, à la température de 20°, dans l'eau et dans l'air.

Je mentionnerai enfin des expériences semblables sur le sulfure de calcium associé au sulfure de baryum et au sulfure de strontium et qui, réalisées dans les mêmes conditions, ont présenté les mêmes caractères et donné les mêmes résultats.

NOMINATIONS.

M. le Prince **Roland Bonaparte** est désigné par l'Académie pour faire partie de la Commission chargée d'examiner le vœu émis, dans la séance du 24 janvier 1910, par M. Grandidier, relativement à la *Carte internationale de la Terre à* $\frac{1}{1000000}$.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, qui occupera l'une des places créées par le Décret du 10 décembre 1909.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 40,

M. van der Waals obtient.	36	suffrages
M. Hittorf »	3	»
M. van 't Hoff »	1	»

M. **van der Waals**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire de l'Aéro-Club de France** adresse à l'Académie en double exemplaire une réplique de la médaille offerte à M. *Cailletet* à l'occasion de son Jubilé académique.

Ces exemplaires seront déposés dans le médaillier de l'Académie.

M. **Adolf von Baeyer**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Associazione internazionale delle Accademie : *Relazione delle adunanze tenute in Roma dal Comitato nei giorni* 1-3 *giugno* 1909 *nella sede della R. Accademia dei Lincei.*

Le **Recteur** et le **Sénat de l'Université de Leipzig** adressent à l'Académie cinq Volumes publiés à l'occasion du 500e anniversaire de la fondation de cette Université; l'un de ces Volumes est intitulé : *Die Institute und Seminare der philosophischen Facultät an der Universität Leipzig.* 2. Teil : *Die mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion.*

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Innes* (1910 *a*), *faites à l'Observatoire de Lyon.* Note de MM. **Luizet** et **J. Guillaume**.

Observations de la comète.

Dates 1910.	Étoiles de comparaison.	Δα.	Δδ.	Nombres de comparaisons.	Observateurs.
		☄ − ★			
		m s	′ ″		
Janvier 26.....	*a*, BD−2°,5533	+0.14,52	+ 5.32,9	6 : 6	J. G.
29.....	*b*, BD+0,4750	−0.15,55	+13.52,6	6 : 6	J. G.
30.....	*c*, BD+1,4517	−1.46,22	−12.39,1	16 : 15	M. L.
30.....	*c*, BD+1,4517	−1.44,69	−12.14,4	12 : 12	J. G.
30.....	*d*, BD+1,4518	−1.55,46	− 5.19,5	12 : 7	M. L.
31.....	*e*, BD+2,4414	−6.57,06	+ 6.59,4	9 : 10	M. L.
31.....	*f*, BD+2,4404	−4.28,82	−10.44,8	8 : 8	J. G.

Positions des étoiles de comparaison pour 1910,0.

★	Ascensions droites moyennes.	Réduction au jour.	Déclinaisons moyennes.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a...	21.20.27,37	−1,92	−2.22.34,3	−10,7	A.G. Strasbourg, 7481
b...	21.30.48,25	−1,88	+0.34.35,0	−10,7	A.G. Nicolajew, 5475
c...	21.34.59,30	−1,88	+1.50.17,9	−10,6	A.G. Albany, 7565
d...	21.35.10,94	−1,88	+1.43.53,0	−10,6	A.G. Albany, 7567
e...	21.42.40,17	−1,86	+2.16. 9,7	−10,6	A.G. Albany, 7601
f...	21.40.14,77	−1,87	+2.34.43,5	−10,6	A.G. Albany, 7593

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1910.	Temps moyen de Paris.	Asc. droites apparentes.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaisons apparentes.	Log. fact. parallaxe.	Observateurs.
	h m s	h m s		° ′ ″		
Janvier 26.....	5.52.57	21.20.39,97	+9,600	−2.17.12,1	+0,801	J. G.
» 29.....	6.10. 6	21.30.30,82	+9,607	+0.48.16,9	+0,796	J. G.
» 30.....	5.55. 5	21.33.11,20	+9,602	+1.37.28,2	+0,794	M. L.
» 30.....	6. 8.34	21.33.12,73	+9,607	+1.37.52,9	+0,795	J. G.
» 30.....	6.25.26	21.33.13,60	+9,612	+1.38.22,9	+0,796	M. L.
» 31.....	5.55.24	21.35.41,25	+9,603	+2.22.58,5	+0,793	M. L.
» 31.....	6.23.58	21.35.44,08	+9,612	+2.23.48,1	+0,795	J. G.

Remarques. — Les observations ont été faites à l'équatorial coudé, par M. Luizet (M. L.), et à l'équatorial Brünner, par M. Guillaume (J. G.).

Les 21, 22, 25 et 28, la comète a été vue, mais les nuages ou l'absence d'étoile visible dans son voisinage ne nous ont pas permis d'en avoir des positions exactes.

Le 26, elle était moins brillante que les jours précédents ; sa queue, dont l'extrémité était incurvée vers le Sud, avait une longueur d'environ 25°.

Les 29 et 30, la queue avait une longueur de près de 30° et, à 15° du noyau, sa largeur était d'environ 2° ; elle était bien limitée au Nord, moins bien au Sud, et son extrémité se confondait, comme éclat et comme teinte, avec la lumière zodiacale.

Le 31, l'éclat avait sensiblement diminué et, à 7^h du soir, la queue, dont l'extrémité était toujours recourbée vers le Sud, cessait d'être visible à 22° du noyau.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète 1910 a. Observations faites à Nice, par* MM. **Javelle, Charlois** et **Schaumasse**. Note transmise par M. Bassot.

Équatorial de $0^m,76$ *d'ouverture* (Javelle).

Dates. 1910.	Temps moyen de Nice.	$\Delta\alpha$.	$\Delta\delta$.	Nombre de compar.	α appar. ♆.	Log. fact. parallaxe.	δ appar. ♆.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Janv. 25....	5.54.26	−0.30,17	−0.30,6	17: 9	21.16.33,12	$\bar{1}$,613	−3.35.37,8	$0,791_n$	1
» 26....	5.56.24	+0.11,58	+4.49,0	20:10	21.20.37,03	$\bar{1}$,613	−2.17.56,0	$0,792_n$	2
» 27....	6.17.23	−3. 8,39	−1.25,8	12: 4	21.24.16,88	$\bar{1}$,623	−1. 8.20,9	$0,786_n$	3
Févr. 1....	5.58.46	+2. 4,54	+1.10,9	15:10	21.37.59,56	$\bar{1}$,618	+3. 4.23,8	$0,779_n$	4
» 2....	6. 7.17	+0.37,11	−5.29,0	20:10	21.40.10,80	$\bar{1}$,623	+3.43. 8,0	$0,779_n$	5

Équatorial de $0^m,38$ *d'ouverture* (Charlois).

Janv. 25....	5.46.43	−0.31,86	−0.58,5	13: 8	21.16.31,43	$\bar{1}$,608	−3.36. 5,7	$0,792_n$	1
» 25....	5.46.43	−1.12,51	−5. 6,6	13: 8	21.16.31,40	$\bar{1}$,608	−3.36. 6,8	$0,792_n$	6
» 26....	5.54.36	+0.11,38	+4.40,2	20:10	21.20.36,83	$\bar{1}$,613	−2.18. 4,8	$0,790_n$	2
Févr. 1....	6.16.41	+2. 6,30	+1.38,5	14:10	21.38. 1,32	$\bar{1}$,626	+3. 4.51,4	$0,780_n$	4
» 2....	6.10.22	+2.13,23	+2.46,0	13: 8	21.40.11,44	$\bar{1}$,624	+3.43.11,6	$0,778_n$	7

Remarques. — Janvier 25. — La comète a un noyau rond, bien défini, de 10″ de diamètre; on aperçoit distinctement deux aigrettes symétriques par rapport au noyau. La queue, plus brillante sur les bords, est dirigée dans l'angle de position de 36°.

Février 1. — La comète a sensiblement diminué d'éclat; on ne voit plus les deux aigrettes signalées le 25 janvier.

Février 2. — La comète est encore plus faible que la veille; son noyau est maintenant allongé.

Équatorial coudé de $0^m,40$ *d'ouverture* (Schaumasse).

Janv. 25 (1).	5.53.26	−1.11,30	−4.46,5	12: 8	21.16.32,61	$\bar{1}$,606	−3.35.46,7	0,792	6
» 25....	6.16.21	−0.26,85	+0.39,4	16: 8	21.16.36,44	$\bar{1}$,623	−3.34.27,8	0,789	1
» 26....	5.51.51	+0.10,94	+4.33,6	18:10	21.20.36,39	$\bar{1}$,611	−2.18.11,4	0,789	2
» 27....	6.15.23	−3. 7,54	−1.20,4	15:10	21.24.17,73	$\bar{1}$,625	−1. 8.15,4	0,786	3
Févr. 1....	6.13.30	−5.55,20	−0.58,7	15:10	21.38. 0,51	$\bar{1}$,625	+3. 4.40,9	0,780	8
» 2....	6.23.25	+0.28,34	5. 0,4	13: 9	21.40.12,03	$\bar{1}$,628	+3.43.36,6	0,780	5
» 3....	6.30.38	−1.43,99	−7.30,2	15:10	21.42.15,65	$\bar{1}$,630	+4.19.16,9	0,781	9

(1) Observation faite par M. Simonin.

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	α moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	8,6	21.17. 5,22	−1,93	−3.34.56,4	−10,8	Strasbourg, 7457
2.....	8,1	21.20.27,37	−1,92	−2.22.34,3	−10,7	Strasbourg, 7481
3.....	9,2	21.27.27,17	−1,90	−1. 6.44,4	−10,7	Kam_2, 5556
4.....	9,0	21.35.56,89	−1,87	+3. 3.23,6	−10,7	Albany, 7572
5.....	8,9	21.39.45,55	−1,86	+3.48.47,7	−10,7	Albany, 7590
6.....	7,0	21.17.45,84	−1,93	−3.30.49,1	−10,8	Strasbourg, 7464
7.....	9,1	21.38. 0,07	−1,86	+3.40.36,3	−10,7	Albany, 7583
8.....	9,2	21.43.57,57	−1,86	+3. 5.50,2	−10,6	De Ball, 337
9.....	8,8	21.44. 1,49	−1,85	+4.26.57,7	−10,6	Albany, 7611

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1910*a*, *faites à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes de* $0^m,16$ *d'ouverture libre.* Note de M. **Borrelly**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔΦ.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Φ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Janv. 25.....	6.17.36	−1. 4,09	+ 3. 7,0	3:3	21.16.39,96	+$\bar{1}$,631	93.34. 6,9	−0,790	*a*
» 26.....	6.16. 7	+0.16,31	− 6. 6,8	5:5	21.20.41,74	+$\bar{1}$,631	92.16.39,0	−0,789	*b*
» 27.....	6. 6. 5	−8.37,20	−20.18,4	2:2	21.24.17,45	+$\bar{1}$,626	91. 8. 7,3	−0,788	*c*
» 29.....	6. 5.39	−7. 4,21	+ 4.46,1	3:3	21.30.32,24	+$\bar{1}$,627	89.12.26,2	−0,784	*d*
» 30.....	5.59.35	−1.47,58	+13. 0,6	5:5	21.33. 9,89	+$\bar{1}$,625	88.22.50,8	−0,782	*e*
Févr. 1.....	6.20. 5	−6.57,79	+ 0.20,3	3:3	21.38. 2,53	+$\bar{1}$,634	86.54.55,2	−0,782	*f*
» 3.....	6.18.27	−0.21,33	−20.28,8	6:6	21.42.15,30	+$\bar{1}$,635	85.40.29,5	−0,779	*g*

Étoiles de comparaison pour 1910,0.

★.	Gr.	R moyenne.	Réduction au jour.	Φ moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a...	7,0	21.17.45,97	−1,92	93.30.49,1	+10,8	5387 Warschau
b...	8,1	21.20.27,35	−1,92	92.22.35,0	+10,8	5401 Warschau
c...	6,7	21.32.56,54	−1,89	90.47.38,3	+10,6	5833 Radcliffe, cat. 1890
d...	6	21.37.38,32	−1,87	89. 7.29,5	+10,6	1640 Radcliffe, cat. 1900
e...	5,1	21.34.59,35	−1,88	88. 9.39,6	+10,6	7565 A. G. Albany
f...	9,0	21.45. 2,18	−1,86	86.54.24,3	+10,6	7619 A. G. Albany
g...	7,7	21.42.38,51	−1,85	86. 0.47,6	+10,7	7600 A. G. Albany

Remarques. — Le 3 février l'éclat de la comète a considérablement diminué; le

noyau est presque complètement dépourvu de chevelure du côté dirigé vers le Soleil. La queue, moins large, est toujours longue, mais plus faible et uniforme.

(Les logarithmes facteurs parallaxes ont été calculés avec des Tables construites avec la valeur 8″,85 de la parallaxe solaire.)

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1910*a*, *faites à l'Observatoire de Marseille* (*équatorial d'Eichens de* $0^m,26$ *d'ouverture*). Note de M. **Coggia**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔP.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	P apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Janv. 25..	5.52.16	−1. 9.86	+ 4.23,4	15: 5	21.16.34,03	$+\bar{1}$,613	93.35.23,6	−0,786	1
» 26..	6. 2.55	+0.13.99	− 5.25,3	12: 6	21.20.39,44	$+\bar{1}$,618	92.17.19,7	−0,783	2
» 29..	6. 5.46	−0.17.89	−13.35,6	14: 8	21.30.28,24	$+\bar{1}$,622	89.12. 0,8	−0,777	3
» 30..	5.47.30	−1.47.97	+13.22,0	15:10	21.33. 9,51	$+\bar{1}$,613	88.23.13,4	−0,774	4
» 30..	6. 8.45	−1.57.68	+ 6.27,4	15:10	21.33.11,49	$+\bar{1}$,624	88.22.42,2	−0,776	5
Fév. 1..	6.15.40	−1.42.78	−17. 1,2	15:10	21.38. 1,72	$+\bar{1}$,628	86.55.14,0	−0,774	6
» 3..	6. 5.33	−0.22.43	−19.52,2	14: 7	21.42.14,29	$+\bar{1}$,626	85.41. 6,2	−0,770	7

Positions moyennes des étoiles de comparaison 1910,0.

★	G.	R moyenne.	Réd. au jour.	P moyenne.	Réd. au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	7,0	21.17.45,82	−1,93	93.30.49,4	+10,8	7464 AG., Strasbourg
2.....	8,1	21.20.27,36	−1,91	92.22.34,3	+10,7	7481 »
3.....	7,4	21.30.48,02	−1,89	89.25.25,7	+10,7	1630 Radcliffe, 2e cat. 1900
4.....	5,5	21.34.59,36	−1,88	88. 9.40,8	+10,6	1636 » »
5.....	8,0	21.35.11,05	−1,88	88.16. 4,2	+10,6	7567 AG., Albany
6.....	8,6	21.39.46,36	−1,86	87.12. 4,5	+10,7	7591 AG., Albany
7.....	7,7	21.42.38,57	−1,85	86. 0.47,7	+10,7	7600 AG., Albany

Janvier 25. — Ciel très pur. A l'œil nu, la comète est brillante, la queue a environ 15° et se divise en deux branches, l'une rectiligne, l'autre se recourbant en panache.

Dans la lunette, le noyau est rond, remarquablement brillant et net; il donne l'impression d'un objet sphérique bien défini. Sa couleur est blanche, légèrement verdâtre. La queue est de même nuance et se divise en deux branches, ne laissant entre elles qu'un espace obscur assez restreint. Elles sont beaucoup plus éclairées sur leurs bords extérieurs. Celle dont l'ascension droite est plus faible est plus lumineuse et paraît se recourber légèrement en avant. Une aigrette d'environ 4′ se dirige vers le Soleil.

Janvier 30. — A l'œil nu, la comète est très affaiblie; la queue a environ 30°, mais elle est très peu lumineuse.

Dans la lunette, le noyau ne devient visible qu'un peu après l'étoile 25 Verseau donnée gr. 5,1 par Albany et gr. 5,5 par Radcliffe 2.

Ce noyau est rond et a environ 5″ de diamètre; il fait masse avec la chevelure dont l'éclat diminue uniformément jusqu'à la périphérie. La queue devient plus sombre vers l'intérieur, mais ne présente pas de séparation dans le sens longitudinal.

CHRONOMÉTRIE. — *Comparaison de chronomètres ou de pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques.* Note [1] de MM. **Claude**, **Ferrié** et **Driencourt**, présentée par M. H. Poincaré.

Dès que la télégraphie sans fil est entrée dans la pratique, on a naturellement songé à l'utiliser pour comparer deux instruments de mesure de temps placés en deux lieux plus ou moins éloignés, en vue d'obtenir la différence de longitude des deux lieux ou la différence des états des deux instruments sur le temps d'un même lieu suivant que la différence de longitude est l'inconnue ou une donnée.

Les expériences faites en 1904 et 1905 par M. Albrecht, de l'Institut géodésique de Potsdam, ont montré que *la télégraphie sans fil peut remplacer simplement* la télégraphie ordinaire pour l'envoi des signaux. Il nous a paru que, au procédé *chronographique* employé par le savant géodésien, il y aurait avantage à substituer celui des *coïncidences téléphoniques*.

M. E. Guyou a rendu compte ici même [2] des résultats des comparaisons effectuées en 1906 entre Paris et Brest par ce dernier procédé et montré qu'il ne comporte pas d'équation personnelle et qu'il est susceptible d'une très haute précision (0s,003 dans de bonnes conditions).

D'autre part, dans la télégraphie sans fil, on tend de plus en plus à remplacer l'appareil enregistreur du récepteur par le téléphone.

Il paraissait donc indiqué, pour obtenir le maximum de précision dans les comparaisons à l'aide de signaux de T. S. F., d'appliquer la méthode des coïncidences téléphoniques; pour cela il fallait imaginer un système permettant d'envoyer des sortes de battements radiotélégraphiques aussi nets que possible à des intervalles réguliers très légèrement différents d'un

---

(1) Présentée dans la séance du 31 janvier 1910.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. CXLII, 18 juin 1906, p. 1379.

multiple de ceux des battements des instruments à comparer. Voici celui que l'un de nous s'était chargé de présenter à la Commission interministérielle de T.S.F. :

Un pendule ordinaire OA, à suspension à ressort, porte, fixé transversalement sur sa tige, une barrette en argent *m*. De part et d'autre de cette pièce sont disposés deux contacts circulaires en fil d'argent *c*, *c'* pincés dans des glissières auxquelles des vis micrométriques fixées aux supports *v*, *v'* permettent de donner de légers déplacements dans le sens horizontal. Les supports sont mis en circuit avec une pile et un relais qui commande le manipulateur à relais de la T.S.F. On voit par les figures 1 et 2 qu'à chaque passage par la verticale, le pendule ferme le circuit du relais pendant un temps qu'on peut régler au moyen des vis micrométriques de manière à provoquer la production certaine d'un signal radiotélégraphique à chaque battement.

Fig. 1.

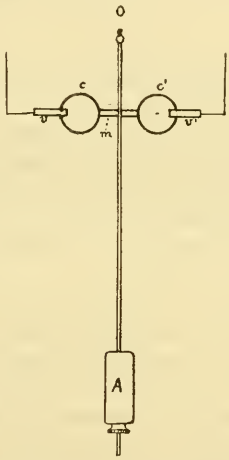
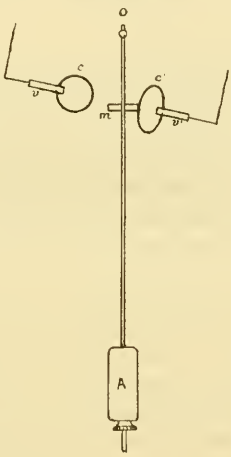


Fig. 2.



Le Bureau des Longitudes nous ayant invités au mois de novembre dernier à expérimenter ce système avec le concours de la station radiotélégraphique militaire de la Tour Eiffel et les ressources de l'Observatoire de Montsouris gracieusement mises à notre disposition par son directeur M. Guyou, un pendule à entretien électromagnétique, du modèle de M. Lippmann, muni du dispositif spécial décrit ci-dessus, fut installé contre un pilier du poste souterrain, et les expériences dont le programme avait été approuvé par le Bureau des Longitudes commencèrent aussitôt.

Il s'agissait, en premier lieu, de voir si le pendule proposé, associé à un manipulateur convenable, était susceptible de donner, dans le téléphone du récepteur à détecteur électrolytique, un battement et un seul à chaque passage du pendule par la verticale, autrement dit de provoquer l'émission d'un train d'ondes et d'un seul, et, en second lieu, de vérifier si ces battements étaient régulièrement espacés.

Divers essais furent effectués en intercalant plusieurs espèces de relais entre le pendule et le manipulateur.

Le meilleur fonctionnement fut obtenu en faisant commander directement l'électrode du manipulateur par les contacts du pendule. Le manipulateur est du type à turbine. En réglant convenablement les divers organes et appareils et en tenant compte de leurs inerties mécaniques et électriques, on arrive assez aisément à ne produire qu'une seule étincelle à chaque oscillation du pendule.

Il a été reconnu nécessaire de donner aux oscillations de la barrette m une amplitude assez grande et constante. Ce résultat est obtenu aisément au moyen du dispositif d'entretien électromagnétique.

Des récepteurs provisoires ont été établis en transformant des récepteurs électrolytiques portatifs de manière à permettre de percevoir dans les téléphones les battements d'un chronomètre placé à proximité en même temps que les battements radiotélégraphiques du pendule.

On a donné au pendule une avance sur le chronomètre aussi faible que le permettait sa longueur, un battement en 88 secondes.

Des comparaisons par coïncidences faites en local ont montré : 1° que l'erreur sur une coïncidence ne dépasse pas un battement du pendule; 2° qu'il n'y a pas de variation appréciable dans le retard de l'étincelle sur le passage du pendule par la verticale; 3° que la méthode ne comporte pas d'équation personnelle; 4° que les moyennes de 8 comparaisons faites simultanément par deux observateurs s'accordent à moins de $\frac{1}{100}$ de seconde.

Des comparaisons par coïncidences de deux chronomètres (l'un, temps sidéral; l'autre, temps moyen) ont été effectuées dans la soirée du 18 janvier entre l'Observatoire de Paris et l'Observatoire de Montsouris, où des postes récepteurs avaient été installés avec de petites antennes *de manière à se trouver dans les conditions de réception de signaux venant d'un poste très éloigné*. Les comparaisons radiotélégraphiques furent précédées et suivies de comparaisons directes par téléphone.

Les observateurs étaient MM. Claude et Lancelin à Montsouris, Driencourt et Lamotte à l'Observatoire.

Sept séries de 180 battements chacune furent envoyées par le poste de la Tour Eiffel. Dans les quatre premières, il y eut plus ou moins de ratés dus à un réglage insuffisant du pendule et du manipulateur. Les trois dernières furent parfaitement envoyées.

Le Tableau suivant donne pour MM. Claude et Driencourt les différences entre la comparaison téléphonique de $9^h 55^m 50^s$ et les comparaisons radiotélégraphiques ramenées à $9^h 55^m 50^s$ au moyen de la marche relative moyenne des deux chronomètres entre $9^h 55^m 50^s$ et $11^h 24^m 39^s$:

Numéros des séries.	Première série.		Quatrième série.	Cinquième série.		Sixième série.		Septième série.		
Heures des comparaisons.	$10^h 14^m$	$10^h 15^m$	$10^h 32^m$	$10^h 44^m$	$10^h 45^m$	$10^h 51^m$	$10^h 53^m$	$10^h 58^m$	$10^h 59^m$	$11^h 0^m$
Comparaison téléphonique — comparaisons radiotélégraphiques.	$-0^s,003$	$+0^s,002$	$-0^s,014$	$-0^s,031$	$-0^s,024$	$-0^s,023$	$-0^s,020$	$-0^s,035$	$-0^s,024$	$-0^s,042$

L'allure de ces différences indique que la marche relative des deux chronomètres a dû varier entre $9^h 55^m 50^s$ et $11^h 24^m 39^s$. Si l'on prend les comparaisons téléphoniques, on voit qu'elle a varié en effet notablement dans le cours de la soirée. A partir de $10^h 14^m$, il convient d'adopter la marche relative fournie par les comparaisons radiotélégraphiques elles-mêmes. Les différences comparaison téléphonique — comparaisons radiotélégraphiques deviennent ainsi :

$-0^s,003$	$+0^s,002$	$-0^s,001$	$-0^s,009$	$-0^s,001$	$+0^s,005$	$+0^s,009$	$-0^s,002$	$-0^s,010$	$-0^s,008$

Une seule atteint $0^s,01$. L'erreur moyenne d'une comparaison isolée ressort ainsi à $\pm 0^s,0006$.

Les dernières séries observées par MM. Lamotte et Lancelin donneraient sensiblement les mêmes résultats. On peut donc d'ores et déjà affirmer que le nouveau procédé de comparaison à distance, dont il est inutile de signaler les avantages, donne des résultats exacts à moins de $0^s,01$.

Ces expériences ont été faites avec la collaboration d'astronomes de l'Observatoire de Paris et d'un officier de la Section de Géodésie du Service géographique de l'Armée. M. le capitaine Fracque secondait ou suppléait le commandant Ferrié au poste de la Tour Eiffel.

Elles devaient continuer par des comparaisons entre Paris et Brest. Les dommages causés à la station radiotélégraphique nous obligent à les interrompre momentanément.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes et les congruences* K. Note de M. A. **Demoulin**.

Reprenons les surfaces (M_0), (M_1), (M_2), (M_3) envisagées dans notre Note du 17 janvier 1910. Il est clair que leurs plans tangents passent par un même point O situé sur l'axe a du cercle (F).

Désignons par ik une quelconque des combinaisons 01, 02, 23, 13. Les surfaces (M_i), (M_k) se correspondent dans une transformation de Ribaucour. Soient d_{ik} la droite d'intersection des plans tangents aux surfaces (M_i), (M_k), F_{ik} le point d'intersection des tangentes aux courbes (M_{iu}), (M_{ku}) et F'_{ik} le point d'intersection des tangentes aux courbes (M_{iv}), (M_{kv}).

Sur les surfaces (M_i), (M_k), le réseau (u, v) étant composé des lignes de courbure est conjugué; donc, en vertu du théorème de M. Darboux invoqué dans notre précédente Communication, la droite d_{ik} est tangente aux courbes $(F_{ik,v})$, $(F'_{ik,u})$. Comme les droites d_{ik} concourent en O, les plans osculateurs des courbes $(F'_{ik,u})$, c'est-à-dire les plans tangents aux surfaces (F_{ik}), ont en commun la tangente t' à la courbe (O_u). Par suite, les tangentes aux courbes $(F_{ik,u})$ rencontrent la droite t'. Or les tangentes à deux courbes $(F_{ik,u})$ sont dans un même plan lorsqu'un des indices i, k relatifs à l'une d'elles est égal à un des indices i, k relatifs à l'autre, et ce plan est le plan osculateur à la courbe (M_{su}), s désignant l'indice commun. Dès lors, *les tangentes aux courbes* $(F_{ik,u})$ *se coupent en un point* P′ *de* t' *et les plans osculateurs des courbes* (M_{iu}) $(i = 0, 1, 2, 3)$ *passent par ce point*. De même, *les tangentes aux courbes* $(F'_{ik,v})$ *se coupent en un point* P *de la tangente* t *à* (O_v) *et les plans osculateurs des lignes* (M_{iv}) *passent par ce point*.

Il a été établi que les tangentes aux courbes $(F_{ik,v})$ passent par O et que les tangentes aux courbes $(F'_{ik,u})$ passent par P′; or les réseaux (u, v) tracés sur les surfaces (F_{ik}) sont conjugués; donc, en vertu du théorème de M. Darboux, invoqué plus haut, la droite t' a pour foyers les points O et P′ et u, v sont les paramètres des développables qu'elle engendre. Dès lors, sur la surface (O), le réseau (u, v) est conjugué.

En appliquant le même raisonnement aux réseaux (u, v) tracés sur les surfaces (F'_{ik}), on retrouve ce dernier résultat, et l'on démontre en outre que les foyers de la droite t sont O et P.

Laissant de côté ce qui concerne les surfaces (F_{ik}) et les surfaces (F'_{ik}),

nous réunirons dans l'énoncé suivant les résultats que nous venons d'obtenir :

Les développables de la congruence engendrée par la droite a découpent sur la surface (O) *un réseau conjugué* (u, v).

Si P *et* P′ *sont les seconds foyers des tangentes aux courbes* (O_v) *et* (O_u), *les plans osculateurs des lignes de courbure* $u =$ const. *des surfaces* (M) *et des surfaces* (M′) *passent par* P *et les plans osculateurs des lignes de courbure* $v =$ const. *des mêmes surfaces passent par* P′.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'un système K de seconde espèce. Le point O est alors le centre d'une sphère (S) inscrite à la quadrique (Q) suivant le cercle (Γ).

Envisageons une quelconque des surfaces (M) et une quelconque des surfaces (M′). Le cercle (γ) qui coupe orthogonalement ces surfaces en M et M′ engendre un système cyclique. Comme il y a ∞^1 surfaces (M) et ∞^1 surfaces (M′), il y a ∞^2 cercles (γ); tous sont situés sur la sphère (S). Lorsque u (ou v) varie seul, chacun d'eux admet une enveloppe qu'il touche en deux points; ceux-ci sont situés dans le plan π_1 (ou π'_1) de la caractéristique de la sphère (S). Désignons par N_1, N'_1 les points caractéristiques de cette sphère, et par a_1 la droite qui les joint. Des développements qui précèdent, on déduit les résultats suivants :

1° *Les plans des cercles* (γ) *touchent leurs enveloppes* (E) *en des points* E *situés sur* a_1.

2° u *et* v *sont les paramètres des développables engendrées par* a_1.

3° *Sur la surface* (O), *le réseau* (u, v) *est conjugué* (résultat déjà obtenu) *et les tangentes* t', t *aux courbes* (O_u), (O_v) *sont respectivement perpendiculaires aux plans* π_1, π'_1.

4° Soient F_1, F'_1 les points focaux de la droite a_1, ces points étant choisis de manière que les courbes (F_{1u}), (F'_{1v}) soient tangentes à a_1. *Les plans* π_1, π'_1 *sont les plans focaux de* a_1; π_1 *est tangent à* (F_1) *et* π'_1, *à* (F'_1).

5° Désignons par π, π' les plans focaux de a, π étant tangent à (F) et π', à (F′). D'après le 3°, *les plans focaux* π, π' *de* a *sont respectivement perpendiculaires aux plans focaux* π'_1, π_1 *de* a_1.

Les coordonnées d'un point quelconque du cercle (Γ) ont pour expressions

$$x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad \frac{1}{2}\left(\varphi + \frac{1}{\varphi}\right)\sqrt{\alpha\theta}, \quad \frac{i}{2}\left(\varphi - \frac{1}{\varphi}\right)\sqrt{\alpha\theta},$$

φ désignant un paramètre variable.

Lorsque u varie seul, (Γ) *admet une enveloppe qu'il touche en deux points* I, I′ *dont les* ρ *satisfont à l'équation*

$$\rho^2 - 2\rho \frac{\dfrac{\partial\sqrt{\alpha\theta}}{\partial u}}{\dfrac{\partial\alpha}{\partial u}} + \frac{A_1}{A} = 0.$$

Lorsque v varie seul, (Γ) *admet une enveloppe qu'il touche en deux points* H, H′ *dont les* ρ *sont les racines de l'équation*

$$\rho^2 - 2\rho \frac{\dfrac{\partial\sqrt{\alpha\theta}}{\partial v}}{\dfrac{\partial\alpha}{\partial v}} + \frac{C_1}{C} = 0.$$

On déduit de là les propriétés suivantes :

1° *u, v sont les paramètres des développables engendrées par a* (résultat déjà obtenu);

2° *Les plans focaux π, π' de a sont perpendiculaires aux droites* HH′, II′;

3° *Le plan ω de* (Γ) *touche son enveloppe au point* O_1 *d'intersection des droites* II′, HH′;

4° *Le point* O_1 *est situé sur* a_1, car, le cercle (Γ) appartenant à (S), les droites II′, HH′ appartiennent respectivement aux plans π_1, π'_1, lesquels se coupent suivant a_1;

5° Sur la surface (O_1), le réseau (u, v) est conjugué et les tangentes t'_1, t_1 aux courbes (O_{1u}), (O_{1v}) sont respectivement HH′, II′;

6° *Le point* O_1 *est le centre d'une sphère* (S_1) *dont les points caractéristiques sont les foyers* N, N′ *du cercle* (Γ).

Nous aurons à nous appuyer sur les théorèmes suivants :

Si une sphère passe par les foyers d'un cercle tracé sur une seconde sphère, elle est orthogonale à cette sphère.

Si deux sphères sont orthogonales, tout plan diamétral de l'une coupe l'autre suivant un cercle dont les foyers appartiennent à la première.

De la première de ces propositions, on déduit que les sphères (S) et (S_1) sont orthogonales. En vertu de la seconde, le plan tangent ω_1 de la surface (O) coupe (S_1) suivant un cercle (Γ_1) dont les foyers appartiennent à (S); comme le plan ω_1 est perpendiculaire à la droite a_1, ces points coïncident nécessairement avec les points N_1, N'_1. Ainsi les foyers du cercle (Γ_1) sont les points caractéristiques de la sphère (S). D'autre part, u, v sont les

paramètres des développables engendrées par la corde des contacts a_1 de cette sphère. Par suite, *lorsque u varie seul, (Γ_1) a une enveloppe qu'il touche en deux points* I_1, I'_1 *et, lorsque v varie seul, il a une enveloppe qu'il touche en deux points* H_1, H'_1.

D'après ce qu'on a vu plus haut, lorsque u varie seul, la caractéristique de la sphère (S_1) est située dans le plan π et, lorsque v varie seul, la caractéristique de cette sphère est située dans le plan π'. Comme le cercle (Γ_1) appartient à la sphère (S_1), on conclut de là que *les points* I_1, I'_1 *sont situés sur la tangente t à la courbe (O_v) et que les points* H_1, H'_1 *sont situés sur la tangente t' à la courbe* (O_u).

Reprenons un des cercles (γ) définis ci-dessus. La sphère dont les points caractéristiques sont les foyers de (γ) est orthogonale à (S); comme son centre est situé sur a_1 (au point E), elle coupe a_1 en deux points conjugués harmoniques par rapport aux points N_1, N'_1 et, par suite, elle renferme (Γ_1). Donc *les sphères dont les points caractéristiques sont les foyers des cercles (γ) renferment toutes le cercle (Γ_1).*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une remarque sur les équations intégrales de première espèce.* Note de M. **Johannes Mollerup**, présentée par M. Émile Picard.

M. Picard [1] a trouvé les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'équation intégrale de première espèce

$$f(x) = \int_a^b K(x, y) F(y)\, dy \tag{1}$$

puisse être résolue. Soient les deux équations conjuguées

$$\left\{\begin{aligned} \varphi(x) &= \lambda \int_a^b K(x, y)\, \psi(y)\, dy, \\ \psi(x) &= \lambda \int_a^b K(y, x)\, \varphi(y)\, dy. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Il existe une infinité de valeurs réelles de λ (qu'on peut supposer positives)

[1] *Comptes rendus*, 14 et 28 juin 1909. — *Rend. del Circolo matematico di Palermo*, t. XXIX, 1910.

pour lesquelles ces équations sont satisfaites autrement que pour

$$\varphi(x) = \psi(x) = 0.$$

Soient, rangées par ordre de grandeur,

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \lambda_3, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots,$$

ces valeurs de λ et les valeurs correspondantes de φ et ψ

$$\begin{array}{llllll} \varphi_1, & \varphi_2, & \varphi_3, & \ldots, & \varphi_n, & \ldots, \\ \psi_1, & \psi_2, & \psi_3, & \ldots, & \psi_n, & \ldots \end{array}$$

Les φ et ψ forment un système orthogonal. On peut énoncer les conditions ainsi :

I. *La fonction donnée $f(x)$ doit être située dans l'espace φ, c'est-à-dire que*

$$\int_a^b f(x)^2\,dx = \sum_{n=1}^{\infty} \left[\int_a^b f(x)\,\varphi_n(x)\,dx\right]^2.$$

II. *En désignant par a_n les coefficients de Fourier de $f(x)$ relatifs aux φ, la série $\sum \lambda_n^2 a_n^2$ doit être convergente.*

La solution cherchée $F(x)$ aura donc relativement aux φ les coefficients de Fourier $\lambda_n a_n$. *Cette solution ne sera pas en général continue.* Je vais démontrer le théorème suivant :

Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n^4 a_n^2$ converge, la série de Fourier

$$F(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n \psi_n(x) \int_a^b f(y)\,\varphi_n(y)\,dy$$

sera uniformément convergente et par suite $F(x)$ sera continue.

On peut le démontrer ainsi. On a, en s'inspirant d'un calcul de M. E. Schmidt,

$$\sum_n^{n+m} \lambda_\nu \psi_\nu(x) \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy = \sum_n^{n+m} \lambda_\nu^2 \int_a^b K(x, y)\,\varphi_\nu(y)\,dy \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy.$$

Posons

$$\sum_n^{n+m} = \sum_k - \sum_p,$$

où $\sum_k$ est la somme des termes qui, pour la valeur considérée de x, sont positifs. Alors on a, d'après l'inégalité de M. Schwarz,

$$\begin{aligned}
&\sum_k \lambda_\nu^2 \int_a^b K(xy)\,\varphi_\nu(y)\,dy \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy \\
&= \int_a^b K(xy)\,dy \sum_k \varphi_\nu(y)\lambda_\nu^2 \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy \\
&\leqq \sqrt{\int_a^b K(xy)^2\,dy}\sqrt{\int_a^b \left[\sum_k \varphi_\nu(y)\lambda_\nu^2 \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy\right]^2 dy}.
\end{aligned}$$

On a

$$\begin{aligned}
&\int_a^b \left[\sum_k \varphi_\nu(y)\lambda_\nu^2 \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy\right]^2 dy \\
&= \sum_k \lambda_\nu^4 \left[\int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy\right]^2 \leqq \sum_n^\infty \lambda_\nu^4 \left[\int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy\right]^2,
\end{aligned}$$

et, par suite,

$$\sum_n^{n+m} \lambda_\nu\,\varphi_\nu(x) \int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy \leqq 2\sqrt{\int_a^b K(xy)^2\,dy}\sqrt{\sum_n^\infty \lambda_\nu^4 \left[\int_a^b f(y)\,\varphi_\nu(y)\,dy\right]^2}.$$

Donc la série de Fourier

$$F(x) = \sum_{n=1}^\infty \lambda_n\,\varphi_n(x) \int_a^b f(y)\,\varphi_n(y)\,dy$$

sera uniformément convergente et $F(x)$ sera continue. Cette solution sera, dans l'espace ψ, la seule qui est continue.

L'ensemble des solutions de l'équation (1) consiste en la fonction trouvée $F(x)$ augmentée d'une fonction de l'ensemble des fonctions qui sont orthogonales au système ψ. Ce dernier ensemble se détermine par une méthode toute analogue à celle qu'a employée M. Erhard Schmidt [1] pour un problème analogue.

---

[1] *Palermo Rend.*, t. XXV, 1908, nos 10 et 11.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements procédant suivant les polynomes hypergéométriques.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. Émile Picard.

Le problème de la possibilité du développement d'une fonction, dite *arbitraire*, d'une variable réelle peut être posé comme il suit : On forme une série dont la convergence absolue et uniforme est d'avance assurée, moyennant certaines conditions, et puis on tâche de profiter de l'arbitraire qui intervient dans la série pour l'identifier terme à terme avec le développement, supposé possible, qui représenterait la fonction qu'il s'agit de développer. Ce point de vue paraît d'autant plus légitime que le développement en question, une fois possible, a toujours une forme unique, comme on sait, et d'autre part la suite des polynomes (les limites des intégrales intervenant étant finies) forme un système fermé.

Partons de la série [1]

$$\sum \int_a^b v(x) f(x, z) \Phi_n(x)\, dx \int_a^b v(x) \psi(x) \Phi_n(x)\, dx,$$

absolument et uniformément convergente aux conditions toutefois que

$$(1) \qquad \int_a^b v(x) \overline{f(x, z)}^2\, dx < M \quad \text{et} \quad \int_a^b v(x) \Phi_m(x) \Phi_n(x)\, dx = 0 \quad \text{si} \quad m \neq n,$$

et envisageons par exemple les polynomes de Jacobi, vérifiant l'équation différentielle

$$(1 - x^2) U''_m + [\alpha - \beta - (\alpha + \beta) x] U'_m + m(m - 1 + \alpha + \beta) U_m = 0;$$

une combinaison facile nous donne

$$(2) \qquad \frac{U_m}{\lambda_m} = \frac{d(p_1 U'_m)}{p\, dx},$$

p et p_1 étant des fonctions très simples de x. Intégrons entre -1 et z; remarquons que la constante d'intégration se trouve égale à zéro, et posons

$$\int_{-1}^{z} p U_m\, dx = \int_{-1}^{+1} f(x, z) \Phi_m(x)\, dx \qquad [\text{on a fait entrer } v(x) \text{ dans } \Phi_m(x)].$$

---

[1] Schmidt, *Mathematische Annalen*, t. LXIII.

Prenons $f(x, z) = 0$ si $x > z$ et $f(x, z) = f(x)$ si $x < z$; un calcul immédiat donne alors

$$\overline{f(x)}^2 = p(x) = (1+x)^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}$$

et la condition (1) est satisfaisante si α et β sont > 0. D'autre part, on a [1]

$$\frac{dU_m}{dx} = m U^1_{m-1}; \tag{3}$$

donc nos considérations seront valables pour les polynomes de Jacobi, dont les paramètres sont plus grands que *un*.

Pour l'identification des coefficients, il faut s'appuyer sur un théorème de Riesz, lequel affirme l'existence effective d'une fonction donnée par les coefficients de Fourier si la somme des carrés de ces coefficients forme une série convergente. En se rapportant à notre cas, il faut affirmer l'existence de $\psi(x)$, telle que

$$\int_{-1}^{+1} \psi(x)\Phi_m(x)\,dx = (m+\alpha+\beta-1)\int_{-1}^{+1} F(x)p_1(x)U'_{m-1}\,dx = (m+\alpha+\beta-1)A_m;$$

or l'intégration par partie en combinaison avec (3) donne, vu la forme de $p_1(x)$, que $A_m = \frac{C_m}{m}$, ou C_m est le coefficient de Fourier de la fonction $\frac{d[F(x)p_1(x)]}{p(x)\,dx}$; donc pour que $\Sigma C_m^2 = \Sigma A_m^2 m^2$ forme une série convergente, ce qui est notre but, les conditions restrictives pour la fonction $F(x)$ s'imposent, et l'on peut énoncer le théorème :

Toute fonction continue intégrable et de carré intégrable, ainsi que sa première dérivée entre -1 et $+1$, se développe en série absolument et uniformément convergente, procédant suivant les polynomes de Jacobi, dont les paramètres α et β sont plus grands que un.

Un raisonnement analogue, convenablement modifié, nous montre la possibilité du développement suivant les polynomes de Jacobi dont les paramètres α, β sont compris entre 0 et 1, à la condition toutefois que ledit développement soit valable en un certain point entre -1 et $+1$; les conditions imposées à $F(x)$ seront ici moins restrictives : il suffit que $F(x)$ *soit intégrable et de carré intégrable.*

Les polynomes de Jacobi n'ont été choisis qu'à titre d'exemple, car

---

[1] Possé, *Recherches sur les fractions continues algébriques*, p. 50.

toujours l'équation différentielle hypergéométrique donne le moyen de construire la combinaison analogue à (2), et d'autre part on a, comme on sait,

$$\frac{dF}{dx} = \frac{\alpha\beta}{\gamma} F(\alpha+1, \beta+1, \gamma+1),$$

ce qui permet de refaire la démonstration dans chaque cas particulier; pour les polynomes de Legendre, par exemple, tout cela se simplifie singulièrement à cause de ce qu'on a ici $p(x) = 1$. Il va sans dire que la portée de la méthode est bien plus générale, et même la plupart des restrictions, imposées à la fonction qu'il s'agit de développer, pourront être levées probablement dans une large mesure; on peut espérer, par exemple, établir par cette voie la possibilité du développement procédant suivant les fonctions orthogonales signalées pour la première fois par M. Appell (*Comptes rendus*, 1879).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation d'une fonction arbitraire par une intégrale définie.* Note de M. **Michel Plancherel**, présentée par M. Émile Picard.

1. A côté des développements d'une fonction en séries de fonctions orthogonales, qui ont fait l'objet de nombreuses et profondes recherches, se placent des représentations d'une fonction par des intégrales définies. Le type le plus simple de ces développements

$$(1) \qquad f(s) = \int_A^B d\mu\, \varphi(s, \mu) \int_a^b f(t)\, \varphi(t, \mu)\, dt$$

donne, lorsque $A = a = 0$, $B = b = \infty$, $\varphi(s, \mu) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cos s\mu$, une formule bien connue de Fourier. Jusqu'à ces dernières années, notre connaissance de ces *représentations intégrales* était bornée à celle de quelques cas particuliers tels que les intégrales de Fourier et de Bessel ; les méthodes employées pour les établir donnaient essentiellement des formules de la forme

$$f(s) = \lim_{n=\infty} \int_a^b f(t)\, \psi(t, n)\, dt;$$

de ces formules on déduisait ensuite les représentations intégrales de la forme (1), grâce à des propriétés très particulières des fonctions considérées. Cette manière de procéder semble difficilement susceptible de généralisation ;

elle a, en tout cas, l'inconvénient de masquer la structure de $\varphi(s, \mu)$ et les propriétés essentielles des deux transformations fonctionnelles successives qui constituent le second membre de (1). Cette structure et ces propriétés ont été pour la première fois mises en évidence par la théorie des équations intégrales singulières, pour lesquelles la méthode de Fredholm n'est plus applicable. On peut d'ailleurs les obtenir sans avoir recours à cette théorie, comme nous allons le montrer sur le cas simple du type (1).

2. Soit Ω l'ensemble des fonctions de carré sommable, définies sur un intervalle fini ou infini (a, b). Une suite $[f_n(s)]$ de l'ensemble Ω converge en moyenne si l'intégrale de $(f_m - f_n)^2$ étendue à l'intervalle (a, b), tend vers zéro avec $\frac{1}{m}, \frac{1}{n}$; il existe alors dans Ω une fonction $f(s)$ unique, vers laquelle convergent une infinité de suites partielles $[f_{n_p}]$ extraites de la suite $[f_n]$; nous appellerons $f(s)$ la fonction *limite* de la suite $[f_n]$. Un sous-ensemble e de Ω est *fermé*, lorsqu'il contient les fonctions limites de toutes les suites $[f_n]$ de fonctions de e qui convergent en moyenne. Nous définirons maintenant une *transformation fonctionnelle linéaire* de e par les propriétés suivantes :

1° A toute fonction $f(s)$ de e la transformation fait correspondre une fonction $F(\mu)$ définie sur un intervalle (A, B), de carré sommable sur cet intervalle; 2° à $a_1 f_1(s) + a_2 f_2(s)$ correspond par la transformation $a_1 F_1(\mu) + a_2 F_2(\mu)$, F_1 et F_2 étant les transformées de f_1, f_2; 3° à toute suite $[f_p]$ convergeant en moyenne vers f correspond une suite $[F_p]$ convergeant en moyenne vers la transformée F de f. Il existe pour toute transformation fonctionnelle linéaire une fonction *génératrice* $\Phi(s, \mu)$, continue en s, μ, possédant des dérivées partielles $\frac{\partial \Phi}{\partial s}, \frac{\partial \Phi}{\partial \mu}$ de carré sommable, la première en s sur (a, b), la seconde en μ sur (A, B), telle que la transformée $F(\mu)$ de $f(s)$ soit donnée, en général, par la formule

$$F(\mu) = \frac{d}{d\mu} \int_a^b f(t) \frac{\partial \Phi(t, \mu)}{\partial t} dt,$$

$\Phi(s, \mu)$ n'est pas univoquement déterminé par ces propriétés.

$[\varphi_p(s)]$ étant un système orthogonal de fonctions relatif à l'intervalle (a, b), nous désignerons par $[f(s)]_\varphi$ {section de f par le système $[\varphi]$} la fonction limite de la suite $f_n = f_1 \varphi_1(s) + \ldots + f_n \varphi_n(s)$, où f_p désigne le coefficient de Fourier de f par rapport à φ_p. On démontre la proposition suivante :

$\Phi(s, \mu)$ *étant la fonction génératrice d'une transformation fonctionnelle*

linéaire transformant l'ensemble Ω *en un ensemble défini sur l'intervalle* (A, B), *la condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait, pour toute fonction* $f(s)$ *de* Ω,

$$[f(s)]_\varphi = \frac{d}{ds}\int_A^B d\mu \frac{\partial\Phi(s,\mu)}{\partial\mu}\frac{d}{d\mu}\int_a^b f(t)\frac{\partial\Phi(t,\mu)}{\partial t}\,dt,$$

est que $\Phi(s,\mu)$ *puisse se mettre sous la forme*

$$\Phi(s,\mu) = h_1(s) + h_2(s) + \sum_p \int_{a_1}^{s} \varphi_p(s)\,ds \int_{A_1}^{\mu} \psi_p(\mu)\,d\mu,$$

où $[\psi_p(\mu)]$ est un système orthogonal de fonctions, relatif à l'intervalle (A, B); a_1, A_1 deux valeurs finies situées dans les intervalles (a, b), (A, B); $h_1(s)$, $h_2(\mu)$ des fonctions continues quelconques possédant des dérivées de carré sommable.

Si $\Phi(s,\mu)$ admet une dérivée $\frac{\partial^2\Phi}{\partial s\,\partial\mu} = \varphi(s,\mu)$, sommable superficiellement dans toute portion finie de l'aire $a \geqq s \geqq b$, $A \geqq \mu \geqq B$, telle que

$$\int_{a_1}^{s}\int_{A_1}^{\mu} \varphi(s,\mu)\,ds\,d\mu = \Phi(s,\mu) - \Phi(a_1,\mu) - \Phi(s,A_1) + \Phi(a_1,A_1),$$

et si de plus : 1° il existe dans (a, b) une suite d'ensembles $e_1, e_2, \ldots$, dont chacun contient le précédent, leur ensemble limite ne différant de l'intervalle (a, b) qu'aux points d'un ensemble de mesure nulle, sur lesquels $\varphi(s,\mu)$ est, en général, de carré sommable en s; 2° il existe de même dans (A, B) une suite analogue d'ensembles $E_1, E_2, \ldots$, sur lesquels $\varphi(s,\mu)$ est en général de carré sommable en μ, on obtient la proposition suivante :

Pour toute fonction $f(s)$ *de* Ω, *il existe deux suites d'ensembles* $e_{n_1}, e_{n_2}, \ldots$; $E_{m_1}, E_{m_2}, \ldots$, *contenus dans les suites* $[e_n]$, $[E_n]$, *telles que, uniformément en général,*

$$[f(s)]_\varphi = \lim_{p=\infty}\int_{E_{m_p}} d\mu\,\varphi(s,\mu)\lim_{q=\infty}\int_{e_{n_q}} f(t)\,\varphi(t,\mu)\,dt.$$

Si pour d'autres suites d'ensembles (e'_n), (E'_m) les limites indiquées par la formule précédente existent, la fonction ainsi déterminée est identique, en général, à $[f(s)]_\varphi$.

Ce résultat montre la véritable signification des représentations intégrales, à savoir d'être l'opération successive de deux transformations fonctionnelles linéaires, inverses l'une de l'autre pour un certain sous-ensemble de Ω.

3° Les méthodes de Weyl relatives à la convergence des séries de fonc-

tions orthogonales s'étendent à la convergence des représentations intégrales. Supposons, pour simplifier $a = 0$, $b = 1$, $A = 0$, $B = \infty$. Sur $\varphi(s, \mu)$ faisons encore l'hypothèse qu'à tout nombre positif $\varepsilon < 1$ nous pouvons faire correspondre un ensemble A_ε, intérieur à l'intervalle $(0, 1)$, de mesure $1 - \varepsilon$, sur lequel $|\varphi(s, \mu)| < M_\varepsilon$, pour toute valeur de μ, M_ε étant fini pour tout $\varepsilon > 0$. $F(\mu)$ *étant maintenant une fonction de carré sommable dans* $(0, \infty)$, *telle que*

$$\int_0^\infty \sqrt[3]{\mu}\,[F(\mu)]^2\,d\mu$$

soit finie, la limite

$$\lim_{\mu=\infty} \int_0^\mu F(\mu)\,\varphi(s, \mu)\,d\mu$$

converge uniformément en général sur $(0, 1)$ *et y représente une fonction de carré sommable.*

Une application immédiate de ce théorème à l'intégrale de Fourier, montre que pour toute fonction $f(s)$ de carré sommable monotone non croissante, telle que $\lim_{s=\infty} f(s) = 0$, ou pour toute fonction différence de deux telles fonctions, l'on a, en général,

$$f(s) = \frac{2}{\pi} \lim_{\mu=\infty} \int_0^\mu d\mu \cos s\mu \lim_{t=\infty} \int_0^t f(t) \cos t\mu\, dt.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des intégrales irrégulières des équations différentielles linéaires.* Note de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. Émile Picard.

1. Désignons par $P_0, P_1, \ldots, P_n$ des développements convergents suivant les puissances de x et $\frac{1}{x}$, et par $E_0, E_1, \ldots, E_n$ certaines fonctions auxiliaires simples (par exemple de la forme $e^{-\frac{\gamma}{x^\alpha}}$, α et γ étant positifs) positives ou nulles lorsque la variable réelle x du côté positif tend vers zéro [1], et telles que les produits $P_i E_i = Q_i$ tendent vers une limite finie lorsque x tend vers zéro. En particulier, nous supposerons $\lim Q_0 \neq 0$. Cela posé, considérons l'équation différentielle linéaire

$$(1) \qquad P_0 y^{(n)} = P_1 y^{(n-1)} + P_2 y^{(n-2)} + \ldots + P_n y$$

[1] Nous supposerons toujours x positif et tendant vers zéro du côté positif.

dont nous allons chercher les intégrales au voisinage de l'origine. En introduisant $P_i = E_i^{-1} Q_i$ et en multipliant par x et par le plus petit commun multiple des E_i, nous avons, après avoir divisé par Q_0,

$$E\frac{dy_1}{dx} = T_1 y_1 + T_2 y_2 + \ldots + T_n y_n, \qquad \frac{dy_i}{dx} = y_{i-1} \qquad (i = 2, 3, \ldots, n),$$

en désignant pour la symétrie y par y_n. Le produit $\frac{1}{x}E$ sera donc le plus petit commun multiple des E'_i divisé par E_0, et ce produit nous le supposerons tendant vers zéro avec x, car, dans le cas contraire où $\frac{1}{x}E$ tend vers une limite finie différente de zéro, les intégrales de l'équation (1) peuvent être trouvées par des méthodes classiques, par exemple par des approximations successives. Les T_i sont des fonctions de x s'annulant avec x, et, pour x suffisamment petit, $|T_i| < M_0 x (i = 1, 2, \ldots, n)$, M_0 étant une constante positive.

En posant $y_i = z_i e^{-\int_{x'}^{x} E^{-1} dx}$, notre système sera

$$E\frac{dz_1}{dx} - z_1 = \omega(T_1 z_1 + \ldots + T_n z_n), \qquad E\frac{dz_i}{dx} - z_i = \omega E z_{i-1} \qquad (i = 2, 3, \ldots, n),$$

en faisant $\omega = 1$. Pour satisfaire à ce système posons

$$z_i = \omega \varphi_1^{(i)} + \omega^2 \varphi_2^{(i)} + \ldots + \omega^p \varphi_p^{(i)} + \ldots$$

et comparons les termes de même puissance de ω. De proche en proche nous trouverons

$$(2) \qquad \varphi_1^{i} = e^{-t}, \qquad \varphi_p^{(i)} = e^{-t}\int_{x_i} \psi_p^{(i)} e^{t} \frac{dx}{E} \qquad (p = 2, 3, \ldots, n), \qquad t = -\int_{x'}^{x} \frac{dx}{E},$$

les x', x_1, x_2, $\ldots$, x_n étant des constantes arbitraires positives, et $\psi_p^{(i)}$ une expression linéaire de $\varphi_{p-1}^{(1)}$, $\varphi_{p-1}^{(2)}$, $\ldots$, $\varphi_{p-1}^{(n)}$. La fonction t tend vers zéro avec x, car, en désignant par $\alpha (> 1)$ une quantité positive telle que $\frac{1}{E} > \frac{1}{x^\alpha}$ pour x suffisamment petit, l'intégrale

$$\int_{x'}^{x} \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{x^\alpha}\right) dx = \left(\frac{1}{E(\xi_0)} - \frac{1}{\xi_0^\alpha}\right)(x - x') < 0,$$

entre x et x' ($x < x'$ et x' suffisamment petit). Donc $-t = \int_{x'}^{x} \frac{dx}{E}$ tend vers $-\infty$ lorsque x tend vers zéro.

2. Soit $f(z)$ une fonction continue réelle de la variable réelle z s'annulant

avec z. D'après le théorème de la moyenne, nous avons

$$I = e^{-t}\int_{x_i}^{x} f(z)\, e^t \frac{dx}{E} = e^{-t} f(\xi)\int_{x_i}^{x} e^t \frac{dx}{E} = f(\xi)(-1 + e^{-t+t_i}),$$

ξ étant compris entre x_i et x $(x < x_i)$ et t_i la valeur de t pour $x = x_i$, et pour x_i suffisamment petit,

$$|I| \overset{=}{<} |f(\xi)| \overset{=}{<} |f(x_i)| \overset{=}{<} |f(x_0)|,$$

en désignant par x_0 le plus grand des x_i. En appliquant cela de proche en proche aux intégrales (z) nous trouverons, en remplaçant dans $\Psi_p^{(i)}$ les coefficients complexes des coefficients des T_i par leurs valeurs absolues

$$(2) \qquad |\varphi_1^{(i)}| \overset{=}{<} M_0 x_0, \qquad |\varphi_p^{(i)}| \overset{=}{<} |\psi_p^{(i)}(x_0)| \qquad (p = 2, 3, \ldots, n).$$

Donc en calculant une suite de fonctions $R_1^{(i)}$, $R_2^{(i)}$, ..., successivement par les formules

$$R_1^{(i)} = M_0 x_0, \qquad R_2^{(i)} = \psi_2^{(i)}(R_1^{(i)}), \ldots, R_p^{(i)} = \psi_p^{(i)}(R_{p-1}^{(i)}), \ldots \qquad (i = 1, 2, \ldots, n);$$

il suffit de démontrer la convergence des séries

$$R_1^{(i)}\omega + R_2^{(i)}\omega^2 + \ldots \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

pour des valeurs de x_0 suffisamment petites. Pour cela comparons ces séries avec les développements

$$Y_i = \omega\theta_1^{(i)} + \omega^2\theta_2^{(i)} + \ldots,$$

satisfaisant au système :

$$Y_i = \omega(M_0 x_0 + M_0 x_0 Y_1 + M_0 x_0 Y_2 + \ldots + M_0 x_0 Y_n).$$

En comparant les termes de ω^p nous trouverons pour $\theta_p^{(i)}$ une expression tout à fait analogue au $R_p^{(i)}$ où seulement les fonctions T_i seront remplacées par $M_0 x_0 > |T_i|$. Donc $\theta_p^{(i)} > |R_p^{(i)}|$. Mais nous verrons que $y_1 = y_2 = \ldots = y_n$ et par conséquent $y_i = Mx_0\omega(1 - nMx_0\omega)^{-1}$ qui sera développé suivant les puissances de ω en choisissant $nMx_0\omega < 1$; c'est toujours possible pour des valeurs de x, x_1, x_2, ..., x_n suffisamment petites. Pour $\omega = 1$ et $nMx_0 < 1$ nos développements de z_i seront convergents. Mais ils s'annulent aussi lorsque x du côté positif tend vers zéro. En effet, il suffit de démontrer que l'intégrale I tend vers zéro, et cette intégrale sera de la forme $0.\infty$ pour $x = 0$, et comme nous avons prouvé que $0.\infty$ sera fini $[|I| \overset{=}{<} |f(x_0)|]$, on peut appliquer la théorie des expressions de la forme $\frac{0}{0}$ et démontrer sans

peine que I tend vers zéro parce que $f(z)$ tend vers zéro. De la même manière, on peut démontrer de proche en proche que les φ tendent vers zéro. Comme nous avons

$$y_n = y = z_n e^{-\int E^{-1} dx},$$

l'intégrale de l'équation (1) sera

$$y = e^{-\int_{x_1}^{x} E^{-1} dx} [\varphi_1^{(n)} + \varphi_2^{(n)} + \ldots + \varphi_p^{(n)} + \ldots],$$

où la série convergente $\varphi_1^{(n)} + \varphi_2^{(n)} + \ldots$ contient n constantes arbitraires $x_1, x_2, \ldots x_n$ et tend vers zéro lorsque x du côté positif tend vers zéro.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'autorotation.* Note [1] de M. A. Etévé, présentée par M. H. Deslandres.

Lorsqu'un disque immobile est placé dans un courant d'air dont la direction est normale à son plan, il se forme, en arrière et sur l'axe, un courant secondaire dirigé en sens inverse du courant principal; ce courant secondaire s'épanouit au voisinage de la surface et se mêle au courant principal lorsqu'il arrive aux environs des bords du disque. Le même phénomène s'observe dans le plan de symétrie des surfaces allongées immobiles.

Lorsque la surface est inclinée par rapport au courant d'air, l'axe du courant secondaire est rejeté du côté du bord de la sortie et les filets d'air déviés vers l'avant de la surface sont plus longtemps en contact avec celle-ci que les filets déviés en sens contraire : au voisinage du bord d'attaque, en particulier, la vitesse de ces filets d'air s'accélère et l'action due au frottement y est plus importante que partout ailleurs.

Lorsqu'on prend une surface plane formée de deux secteurs opposés par le sommet, mobile autour d'un axe perpendiculaire au plan de la surface et passant par le sommet des secteurs, M. Riaboutschinsky a montré que cet appareil, ayant reçu une certaine impulsion initiale, continue à tourner indéfiniment dans un courant d'air normal au plan des secteurs, quel que soit le sens de l'impulsion, pourvu que les bords de la surface soient taillés en biseau, ceux-ci étant placés du côté où va le vent. Ces phénomènes d'auto-

---

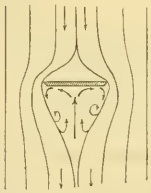
[1] Présentée dans la séance du 31 janvier 1910.

rotation sont attribués généralement à la forme du bord d'attaque : il est facile de voir qu'ils sont dus au frottement de l'air sur le dos des secteurs.

On constate, dans l'expérience de M. Riaboutschinsky, comme dans le cas du disque plein, l'existence d'un courant secondaire, dirigé en sens contraire du courant principal; mais au voisinage de la surface, les filets ne s'échappent plus suivant les rayons du disque, ils reçoivent un mouvement de torsion dirigé en sens contraire de la rotation.

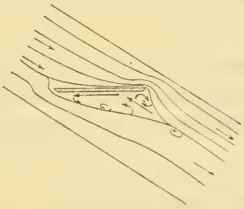
La vitesse relative du courant d'air reçu par un élément d'un secteur est représenté en grandeur et en direction par la résultante W de la vitesse V du vent et de la vitesse V_1, opposée à la vitesse de l'élément considéré ; par suite, celui-ci est frappé sous un angle très faible quand V_1 est grande, et sous l'influence de la surface les filets d'air sont déviés sensiblement parallèlement au plan de cette surface. L'observateur qui regarde le mouvement du disque voit ces filets comme s'ils étaient animés d'une vitesse égale, au maximum, à la différence $W - V_1$ et dirigée dans le sens du courant d'air relatif, c'est-à-dire dans le sens contraire de la rotation. Pour ne pas retarder le mouvement, le biseau du bord d'attaque doit évidemment être très aigu et placé au dos des secteurs.

Fig. 1.



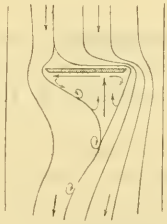
Surface immobile normale au courant d'air.

Fig. 2.



Surface immobile inclinée sur le courant d'air.

Fig. 3.



Surface se déplaçant vers la gauche dans un courant d'air normal à son plan.

En arrière de la surface et dans son voisinage immédiat il existe des courants dirigés dans le sens de la rotation que l'examen direct ne met pas en évidence à cause de la petitesse des angles d'attaque, mais si l'on augmente le coefficient de frottement de la surface arrière des secteurs, on constate que l'appareil tourne aussi facilement que si la surface est lisse; au contraire, si l'on augmente le frottement de l'air sur la surface antérieure, l'appareil ne tarde pas à s'arrêter.

L'expérience de M. Riaboutschinsky n'est, en somme, qu'une façon élégante de montrer que la résultante des pressions supportées par une

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

surface plane est légèrement inclinée vers le bord d'attaque lorsque l'angle d'attaque est très petit.

Quand l'air frappe obliquement un des secteurs, l'autre étant soustrait à l'action du vent, on constate, en effet, que le secteur se met en mouvement en sens contraire du courant d'air lorsque l'angle d'attaque devient inférieur à une certaine valeur [1]. M. Riaboutschinsky réalise la même expérience en approchant d'un des secteurs une plaque recourbée en angle droit, l'un des plans de la plaque étant dirigé vers le secteur et l'autre dans la direction du courant d'air. En résumé, la composante dirigée dans le sens du mouvement paraît être la conséquence du frottement de l'air sur le dos de la surface, vers le bord d'attaque principalement, frottement dont l'importance croît à mesure que l'angle d'attaque diminue, tandis que le frottement retardateur de l'air sur la face attaquée diminue dans les mêmes conditions.

Ces phénomènes d'autorotation peuvent donc améliorer le rendement des hélices : le côté des pales frappé par l'air doit être le plus lisse possible, tandis que le côté opposé peut être rugueux, principalement aux environs du bord d'attaque ; il y a donc avantage à faire des stries longitudinales peu profondes sur le dos des hélices tournant à grande vitesse.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la variation de l'inertie de l'électron en fonction de la vitesse dans les rayons cathodiques et sur le principe de relativité.* Note [2] de MM. **C.-E. Guye** et **S. Ratnovsky**, présentée par M. Lippmann.

Nos expériences ont été effectuées sur les rayons cathodiques par la méthode de déviation électrique et magnétique, qui a l'avantage de ne pas nécessiter la mesure exacte d'énormes différences de potentiel [3].

Comme source de rayons cathodiques, nous avons utilisé le courant d'un alternateur haute fréquence (1000 à 1200 périodes à la seconde) transformé par une bobine d'induction (méthode indiquée par M. Villard). Dans ces conditions, en plaçant une soupape sur le secondaire, on obtient un faisceau qui, sous l'action d'un champ électrique ou magnétique, est étalé en un

---

(1) Le mouvement est d'autant plus rapide que la surface arrière oppose plus de résistance au glissement de l'air.

(2) Présentée dans la séance du 10 janvier 1910.

(3) La méthode de M. Hupka (électrons produits dans le phénomène de Hertz) nécessite la mesure d'une différence de potentiel de plus de 80000 volts avec une précision supérieure à 1 pour 100.

spectre dont la partie la moins déviée est en même temps la plus lumineuse; elle correspond aux rayons de plus grande vitesse sur lesquels on effectuera le pointé. Une diminution de la tension de l'alternateur réduit d'ailleurs ce spectre à une tache à peu près circulaire, mais cette condition n'est nullement indispensable à un pointé exact.

Grâce à la régularité de l'émission cathodique, on peut dans ces conditions, par les dispositifs habituels, effectuer des mesures successives et alternées de déviation électrique et magnétique, et, en poussant le vide autant que possible, expérimenter sur des rayons cathodiques dont la vitesse atteint presque la moitié de celle de la lumière.

Méthode de trajectoires identiques. — Pour rendre les mesures aussi comparables que possible, nous avons toujours expérimenté à *déviation constante,* nous assurant qu'avec notre dispositif les rayons doux et les rayons durs qu'il s'agissait de comparer suivaient rigoureusement ou pratiquement des trajectoires identiques ([1]). Dans ce cas, les deux sortes de rayons traversent des *champs semblables*, et l'on peut sans inconvénient expérimenter sur de plus grandes déviations ($2y = 4^{cm}$ dans nos expériences). Les déviations électriques et magnétiques sont alors données par les relations connues :

	Tube mou.	Tube dur.
Déviation électrique.....	(1) $y = \frac{[A]\varepsilon V}{\mu v^2}$	(3) $y = \frac{[A]\varepsilon V'}{\mu' v'^2}$
Dérivation magnétique...	(2) $y = \frac{[B]\varepsilon I}{\mu v}$	(4) $y = \frac{[B]\varepsilon I'}{\mu' v'}$

D'où l'on tire

$$\text{(I)} \qquad \frac{\mu'}{\mu} = \frac{VI'^2}{V'I^2},$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{v'}{v} = \frac{V'I}{VI'}.$$

Le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ se déduit des valeurs relatives de deux intensités et de deux différences de potentiel mesurées sur un même instrument dont la graduation a été soigneusement vérifiée.

Détermination de la vitesse v. — Pour comparer le résultat expérimental aux formules théoriques proposées, il est nécessaire de déterminer la valeur

([1]) Dans ce but nous avons annulé le champ terrestre par un dispositif de cadres parcourus par des courants. Nous ne reproduisons pas ici faute de place la démonstration de l'identité des trajectoires.

absolue de l'une des deux vitesses. Cette détermination revient à connaître l'une des constantes [A] ou [B] qui représentent les intégrales de champ et le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ [formules (1), (2), (3), (4)].

Dans ce but nous avons effectué trois séries de mesures en employant comme source de rayons cathodiques une machine électrostatique et en mesurant le potentiel de décharge.

En combinant la relation $U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2$ avec l'équation (1), on obtient

$$[A] = 2\frac{U}{V}\frac{\mu}{(\mu)}y_0 \text{ (1)}.$$

Les résultats ont été :

U (2).	V.	[A].	
9330 volts	174,0 volts	212,6	213,3
15444 »	282,6 »	214,6	
13200 »	244,5 »	212,6	

Il importe de remarquer qu'une erreur de 1 pour 100 sur [A] a pour conséquence une erreur de 0,5 pour 100 sur v et sur v' [formules (I) et (II)] et qu'elle n'entraîne, dans les conditions de nos expériences, qu'une erreur d'environ 0,1 pour 100 sur la valeur $\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$ calculée par les formules de Lorentz ou d'Abraham.

Quant au rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$, nous avons pris comme base la valeur $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1,878 \times 10^7$ (Simon), mais en lui substituant la valeur $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1,77 \times 10^7$ (Classen). La différence qui en résulterait sur $\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$ ne serait que de 0,6 pour 100 environ dans nos expériences.

Résultats. — Nous avons effectué jusqu'ici 27 séries de mesures. Afin de les grouper en un seul Tableau qui réunisse les expériences faites à des vitesses voisines, nous avons pour chaque série (v et v' étant connus), calculé, par les formules de Lorentz et d'Abraham, les rapports $\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ et $\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$. On en déduisait alors

$$\frac{\mu'}{\mu_0} = \frac{\mu'}{\mu}\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right].$$

---

(1) On sait que la masse (μ) dans la solution $U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2$ diffère un peu de la masse transversale μ [formule (1)].

(2) L'électromètre mesurant le potentiel U a été comparé à un électromètre absolu.

Le Tableau suivant permet de comparer $\frac{\mu'}{\mu_0}$ à la valeur calculée $\left(\frac{\mu'}{\mu_0}\right)$ dans les deux hypothèses. Chaque chiffre est la moyenne de trois séries d'expériences :

Vitesse des rayons.	Hypothèses de Lorentz. $\frac{\mu'}{\mu_0}$.	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$.	Différences.	Hypothèses d'Abraham. $\frac{\mu'}{\mu_0}$.	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$.	Différences.
80 845	1,045	1,038	+0,007	1,040	1,030	+0,010
96 375	1,066	1,056	+0,010	1,060	1,044	+0,016
111 610	1,072	1,077	—0,005	1,065	1,061	+0,004
119 650	1,082	1,089	—0,007	1,074	1,071	+0,003
123 940	1,115	1,098	+0,017	1,105	1,078	+0,027
126 570	1,114	1,103	+0,011	1,106	1,082	+0,024
135 220	1,133	1,120	+0,013	1,125	1,094	+0,031
141 180	1,136	1,133	+0,003	1,127	1,103	+0,024
147 000	1,160	1,147	+0,013	1,151	1,113	+0,038

Il résulte de ces chiffres que des deux formules proposées, celle de Lorentz paraît seule donner des résultats compatibles avec l'expérience. Les divergences avec la formule d'Abraham atteignent presque 4 pour 100, alors qu'avec la formule de Lorentz elles sont d'environ 1 à 2 pour 100. En outre, sur les 27 séries d'observations, l'expérience donne 16 écarts positifs et 11 écarts négatifs (formule de Lorentz) pour 26 écarts positifs et 1 écart négatif (formule d'Abraham).

Comme dans les mesures de M. Bucherer et de M. Hupka, le principe de relativité se trouve en accord avec l'expérience.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de flamme à haute température du fer.* Note de MM. **G.-A. Hemsalech** et **C. de Watteville**, présentée par M. H. Deslandres.

Nous avons exposé, dans ces *Comptes rendus*, les résultats que nous a fournis l'examen du spectre du fer émis par des flammes de diverses natures. Nous complétons aujourd'hui cette étude par quelques remarques relatives au spectre que donne de ce métal la flamme du chalumeau oxy-acétylénique.

Nous nous sommes servis de la même méthode que pour les autres flammes, c'est-à-dire que l'oxygène alimentant le chalumeau traversait un ballon, au centre duquel éclatait, entre des électrodes de fer, une étincelle de capacité. Comme nous l'avons déjà observé pour le spectre du calcium,

le cône de la flamme oxyacétylénique n'émet pas un spectre qui en soit caractéristique : il ne donne même pas toutes les raies qui se trouvent dans la flamme, seules les plus fortes de celles-ci sont également visibles dans le cône.

Ayant des raisons de croire que toutes ces raies ont une origine thermique, nous pourrions peut-être expliquer la non-présence, dans le cône, de certaines d'entre elles, par le fait que, à cause de la forte pression des gaz employés et de la petitesse de l'orifice du chalumeau, le fer, très divisé, entraîné, traverse les parties intérieures de la flamme avec une vitesse assez grande pour que la chaleur n'ait pas le temps d'exercer sur lui son action dissociante.

L'identification des raies a été faite à la machine à diviser, à l'aide d'un spectre de comparaison qui était celui de l'étincelle de self-induction du fer. Si l'on compare les spectres du fer que donnent les diverses flammes à celui de la flamme oxyacétylénique, on trouve que ce dernier est à peu près le même que celui émis par le chalumeau oxhydrique [1], sauf qu'avec l'emploi de l'acétylène, l'intensité de toutes les raies se trouve augmentée à tel point qu'une pose de 10 minutes suffit pour obtenir l'image d'un spectre bien développé.

Ce spectre présente une particularité intéressante : on y constate l'apparition de traces de quelques-unes des raies qui sont caractéristiques du cône bleu du bec Bunsen, que ce cône émet exclusivement, et qui font partie de ce que nous avons appelé le *spectre supplémentaire* [2]. Dans le cône bleu, ces raies sont dues à des actions autres que thermiques. Il est évidemment possible que les raies de ce spectre puissent être produites également par des actions purement calorifiques, *mais très énergiques*, et qu'alors la température du chalumeau oxyacétylénique soit voisine de celle qui est nécessaire à leur émission. Le Tableau suivant donne les longueurs d'onde de ces raies particulières que nous avons observées :

	Intensités relatives.	
λ	Flamme oxyacétylénique.	Cône du bec Bunsen.
3883,39.....	0,5	1
3935,92.....	00	3 (raie renforcée)
4172,20.....	0	0

(1) *Comptes rendus*, 11 mai 1908.
(2) *Comptes rendus*, 21 avril 1908.

λ	Intensités relatives. Flamme oxyacétylénique.	Cône du bec Bunsen.
4233,76	00	2
4447,85	00	0
4528,78	0,5	1
4890,89	00	3
4891,62		
4919,11	0	3
4920,63		
4957,43	0	4
4957,80		

Toutes ces raies s'obtiennent aisément dans le cône du bec Bunsen, mais, comme on peut s'en rendre compte d'après les intensités qui figurent ci-dessus, elles ne sont émises qu'avec difficulté par la flamme oxyacétylénique. Il est intéressant de noter, parmi elles, la présence d'une raie renforcée (enhanced line de Lockyer), $\lambda = 3935,92$; toutes les autres raies de notre spectre oxyacétylénique sont, plus ou moins, des raies de basse température, lesquelles sont bien visibles dans toute la hauteur des diverses flammes que nous avons examinées jusqu'ici. Grâce à une communication particulière faite à l'un de nous par le Dr S.-A. King, de l'Observatoire du mont Wilson, nous avons été mis à même de comparer nos résultats avec ceux qu'il a obtenus dans le four électrique dont la température est du même ordre de grandeur que celle de notre flamme :

Raies absentes du four électrique ou ne s'y présentant que sous forme de faibles traces.	Intensités relatives dans la flamme oxyacétylénique.	dans le cône bleu de la flamme Bunsen.
3997,49	»	2
4118,62	»	2
4181,85	»	2
4187,17	0	2
4187,92		2
4191,57	00	1
4198,42	00	2
4199,19		2
4233,76	00	2
4236,09	0	4
4260,64	1	5

Comme on le voit, ces raies présentent le même caractère dans la flamme

oxyacétylénique que dans le four électrique, celui d'apparaître, dans les deux cas, seulement sous forme de traces, quand elles ne sont pas absentes. La troisième colonne du Tableau montre que, grâce à des actions spéciales, ces raies sont, au contraire, facilement émises par le cône bleu du bec Bunsen.

Le Tableau suivant, non moins significatif, indique que les raies bien visibles dans le four le sont aussi dans la flamme oxyacétylénique.

Raies de basse température bien visibles dans le four (King).	Intensités relatives dans la flamme oxyacétylénique.	Raies de basse température bien visibles dans le four (King).	Intensités relatives dans la flamme oxyacétylénique.
4132,15.....	3	4325,92.....	6
4143,50.....	4	4376,04.....	4
4143,96.....		4383,70.....	8
4202,15.....	4	4404,88.....	6
4271,30.....	6	4415,27.....	3,5
4271,93.....		4427,44.....	4
4307,96.....	6		

Nos résultats corroborent donc ceux de M. King en ce qui concerne l'origine thermique de la plupart de ces raies.

PHYSIQUE. — *Sur le radiochroïsme des corps organiques vis-à-vis des rayons α, β et γ du radium et des rayons* X. Note de M. **Guilleminot**, présentée par M. Villard.

Quand on fait agir les rayons X de diverses qualités sur les tissus, les effets biochimiques produits paraissent être fonction des quantités absorbées par unité d'épaisseur ou de masse, quantités que j'ai proposé d'appeler *doses efficaces*, quelle que soit la qualité de ce rayonnement.

Je me suis demandé si cette relation pouvait s'étendre aux rayons β du radium et même aux α, comme le faisaient prévoir quelques expériences de physiologie végétale que j'ai décrites antérieurement.

L'expérimentation est relativement simple, car il est inutile ici de dissocier par les champs magnétiques les trois rayonnements du radium, puisqu'il s'agit simplement d'apprécier la dose d'énergie globale absorbée par les couches successives de tissus.

D'une façon générale, voici à quoi se résument les données de ce gros

problème de biologie : quand on veut connaître la dose efficace agissant sur un élément plasmique, par exemple, situé derrière 2^{mm} de peau, de graisse, de tissu conjonctif, etc., il faut : 1° considérer les tissus interposés comme des filtres et étudier le rayonnement tel qu'il sort de ces filtres; 2° déterminer la courbe d'absorption de ce rayonnement à travers un corps homogène, semblable à la substance de l'élément plasmique considéré; 3° tirer de cette courbe, par graphique, la courbe des doses efficaces, qui en est la dérivée : $\frac{dq}{d\varepsilon}$ (q, quantité absorbée, ε, épaisseur traversée), ou courbe du pouvoir absorbant.

Cette courbe donne à son origine le pouvoir absorbant de l'élément considéré évalué, dans mon système de mesure fluorométrique, en unités M par millimètre.

Je vais indiquer ici le mode opératoire que j'ai employé pour déterminer le pouvoir absorbant du radium par les corps, par un procédé rapide utilisable en Biologie expérimentale. Je donnerai en même temps comme exemples les résultats relatifs à l'aluminium et à la paraffine, corps dont Benoist a déjà étudié le radiochroïsme vis-à-vis des rayons X.

Mode opératoire. — Je place au fond de mon fluoromètre un écran de platinocyanure de baryum, sans monture, c'est-à-dire fait de cristaux agglutinés par le collodion, sans doublure de bristol. Comme pour les mesures du rayonnement X, deux plages voisines sont irradiées, l'une par l'étalon de radium placé à 2^{cm} dans un tube de plomb, l'autre par le tube à rayons X, maintenu à régime constant par une flamme de chalumeau permanente à l'extrémité de son osmo. Le fluoromètre glisse sur des rails. Un ruban métrique donne les distances à l'anticathode.

Ici c'est le rayonnement X qui sert d'étalon. Devant le sel de radium étudié on fait passer les filtres d'épaisseurs croissantes de la substance à étudier. On note les distances, d, d', d'', auxquelles on doit se placer du centre de l'anticathode pour obtenir l'égalité de fluorescence des plages quand le radium est à nu, ou quand des filtres de $0^{mm},05$, $0^{mm},10$, $0^{mm},15$, ..., de différentes substances sont interposés [1]. L'intensité du rayonnement est inversement proportionnelle aux carrés d^2, d'^2, d''^2, ... ou directement proportionnelle à $\frac{1}{d^2}$, $\frac{1}{d'^2}$, $\frac{1}{d''^2}$. On pourcente les résultats pour 100 unités initiales et l'on prend les moyennes d'une série d'observations.

Résultats expérimentaux. — Voici les résultats obtenus pour l'aluminium

---

[1] J'ai obtenu ces filtres pour la paraffine en trempant du papier de soie, très léger, dans de la paraffine fondue.

et la paraffine :

Épaisseur des filtres.	Quantités transmises. Aluminium.	Paraffine.
mm	M	M
0	100	100
0,05	80	86
0,10	66	77
0,15	54	67,5
0,20	45	59,5
0,25	38	53
0,30	33	48
0,35	»	42,5
0,40	26	38
0,45	»	34
0,50	22	30,5
0,60	18,7	27,5
0,70	16,1	24,7
0,80	13,9	23
0,90	12	21,5
1	10,3	20
1,5	3,7	13,8
2	»	9,5
2,5	»	6,8
3	»	4,8
3,5	»	3,5

Si j'ai choisi ces deux corps, c'est pour montrer leur profonde différence de radiochroïsme. Si l'on observe ce qui se passe de 0^{mm} à $0^{mm},50$ d'aluminium ou de 0^{mm} à $0^{mm},85$ de paraffine, on voit que les épaisseurs de ces deux corps capables d'absorber les mêmes doses globales de rayonnement sont dans le rapport de 5 à 8 environ : 5 d'aluminium équivaut à 8 de paraffine. Or ce sont les rayons α et β qui sont absorbés; laissons les α de côté, ils sont si peu pénétrants qu'ils comptent à peine sur le réactif à la première mesure, mais ce sont les β mous et moyens qui imposent leur loi à la courbe. A partir de $0^{mm},50$ d'aluminium et $0^{mm},85$ de paraffine, on peut évaluer qu'il reste 15 à 20 pour 100 de rayons β et la totalité des γ : 10 pour 100. A partir de ce moment, le régime des β s'efface de plus en plus devant celui des γ, et l'on voit ce rapport $\frac{5}{8}$ diminuer rapidement, il a déjà dépassé $\frac{1}{2}$ à $1^{mm},5$ d'aluminium ($1^{mm},5$ d'aluminium équivaut à peu près à $3^{mm},5$ de paraffine). Si l'on compare l'aluminium à la paraffine dans la gamme X, on sait que $3^{mm},5$ de paraffine équivalent à peine à $0^{mm},2$ d'aluminium.

De ces considérations il résulte que la paraffine, qui en cela se rapproche des tissus organiques, possède, comparativement à l'aluminium, une puissance absorbante remarquablement élevée pour les α et les β du radium, et le

taux d'absorption millimétrique est considérable pour les premières couches traversées, d'où l'action si puissante du rayonnement du radium, même à faible dose, sur les premières couches épidermiques et les lésions superficielles quand il n'est pas filtré. La courbe de ces taux d'absorption millimétrique apporte une confirmation à la loi que j'énonçais au début de cette Note.

PHYSIQUE. — *Sur l'emission de charges électriques par les métaux alcalins.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. P. Villard.

M. J.-J. Thomson a décrit une expérience (¹) dans laquelle le rubidium ou l'alliage liquide sodium-potassium émettaient des corpuscules négatifs même dans l'obscurité. Aucune indication n'étant donnée sur l'ordre de grandeur du phénomène observé et les détails de cette importante expérience, qui ne paraît pas, à ma connaissance, avoir été répétée, il n'est peut-être pas sans intérêt de communiquer les observations suivantes, qui confirment le fait énoncé et suggèrent une autre interprétation du phénomène :

L'appareil se compose d'un tube de verre dans lequel pénètrent deux fils de platine parallèles à l'axe du tube, et à 25^{mm} environ l'un de l'autre. L'un de ces fils est soudé directement à travers la paroi de verre; l'autre est soudé, au moyen d'une perle de cristal, sur l'extrémité d'un petit tube de platine qu'il traverse axialement et dont l'autre extrémité est soudée à la paroi du tube de verre. Cette électrode est reliée à une paire de quadrants d'un électromètre Curie, dont l'autre paire est au sol, ainsi que le petit tube de platine, qui sert ainsi d'anneau de garde; on peut obtenir, dans ces conditions, comme je l'ai montré précédemment (²), un excellent isolement. L'autre électrode est portée à un potentiel connu au moyen d'une batterie d'accumulateurs dont l'autre pôle est au sol. Sur l'extrémité du tube de verre opposée à celle par où sortent les électrodes, est soudé un tube étroit terminé par une petite ampoule contenant le rubidium. Ce métal (³) y est amené à l'état de pureté par distillation lente dans le vide de Crookes, et le tube a été séparé de la pompe à mercure après que, par chauffage et passage de la décharge, le vide se maintînt assez complet pour que la paroi de verre ne manifestât plus la fluorescence verte. Pendant le passage de la décharge, la paroi interne du tube se recouvre par projection cathodique d'une très légère couche trans-

(¹) *Phil. Mag.*, t. X, 1905, p. 584.

(²) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1120.

(³) Le rubidium brut que j'ai employé, déjà très pur, a été préparé par la méthode de M. Hackspill (réduction dans le vide du chlorure par le calcium) à qui j'en suis redevable.

parente de platine. Il en résulte que le potentiel du rubidium est toujours de même signe que celui de l'électrode non isolée et, à cause de la symétrie du tube, sensiblement égal à la moitié de celui de cette électrode. Ceci permet de séparer les charges émises directement par le métal et celles qui peuvent prendre naissance dans le gaz résiduel sous l'action des premières. Les corpuscules étant émis, en effet, sous des vitesses faibles, comme on le verra, on peut admettre, en première approximation, que l'électrode isolée n'en reçoit aucun si elle est négative; les charges qu'elle reçoit sont alors uniquement les charges $+q$ produites dans le gaz; quand elle est positive, au contraire, elle reçoit les charges négatives émises par le métal et, en outre, les charges $-q$ produites dans le gaz en même quantité qu'auparavant à cause de la disposition symétrique des électrodes par rapport au rubidium. La somme algébrique des courants recueillis dans les deux cas donnera donc la charge émise par le métal et parvenue à l'électrode isolée.

Pour faire les mesures, l'appareil était placé dans un tube de laiton noirci intérieurement et extérieurement, les connexions sortant à travers le couvercle par de très petits trous. Autour de ce tube en était un autre. Aucune lumière ne paraissait pouvoir parvenir au rubidium. D'ailleurs, la salle était plongée dans l'obscurité complète et le miroir de l'électromètre était éclairé au moyen d'une lampe électrique qu'on allumait pendant quelques secondes seulement pour faire les lectures. Par surcroît de précaution, cette lampe était enfermée dans une boîte dont les rayons ne pouvaient sortir que par une petite ouverture.

Voici ce qu'on observe : la sensibilité de l'électromètre étant telle qu'un déplacement de 1^{mm} par seconde sur l'échelle corresponde sensiblement à l'arrivée d'un courant de 2.10^{-13} ampère sur l'électrode isolée, on constate l'arrivée certaine de charges négatives sur cette électrode, quand le potentiel (négatif) du rubidium dépasse une vingtaine de volts. Ces charges augmentent de plus en plus vite quand le potentiel du métal augmente. Voici quelques nombres, à titre d'indication :

Potentiels du métal.	Courants.
volts	ampère
— 50	$0,8.10^{-14}$
— 60	$1,2.10^{-14}$
— 70	$3,0.10^{-14}$
— 80	$5,0.10^{-14}$
— 90	$9,0.10^{-14}$
—100	$17,0.10^{-14}$
—110	$60,4.10^{-14}$

Cette croissance rapide dans des champs faibles s'explique en supposant que les corpuscules sont émis par le métal dans toutes les directions et sous des vitesses faibles. Quand le champ électrique agissant sur eux augmente, un nombre de plus en plus grand atteint l'électrode isolée. On sait que

M. Lenard [1] a constaté le même phénomène pour les corpuscules émis par le zinc, sous l'influence de la lumière ultraviolette.

La plus faible lumière augmente le phénomène dans des proportions énormes. Si l'on fait passer à travers le tube, entre les électrodes, un faisceau de lumière large de 2^{mm}, haut de 10^{mm}, provenant d'un arc au mercure et filtré par 6^{mm} à 7^{mm} de verre, dirigé de telle sorte qu'aucun éclairement visible ne se produise, ni sur les électrodes, ni sur le métal, éloigné de plus de 5^{cm}, on obtient les résultats suivants [2] :

Potentiels du métal.	Courants.
volts	ampère
— 10	$14,6.10^{-10}$
— 20	27.10^{-10}
— 30	38.10^{-10}
— 40	$48,5.10^{-10}$

Le courant recueilli croît donc plus vite que le voltage du métal, mais à peu près linéairement. Il n'y a aucune trace de saturation.

Lorsque l'électrode isolée est positive et que son potentiel est inférieur à une centaine de volts, le courant est nul au degré de sensibilité employée. Si l'on double ce potentiel, l'ionisation par les chocs commence à se produire et des charges positives à parvenir sur l'électrode isolée.

L'action d'un champ magnétique perpendiculaire à la direction moyenne du faisceau diminue l'arrivée des charges négatives dans une proportion décroissante à mesure que le champ électrique augmente (50 pour 100 à 10 pour 100).

Dans cette opération, il semble certain qu'une certaine quantité de lumière, très faible pourtant, parvient au métal par réflexion diffuse. L'expérience suivante fait penser à l'action possible des rayonnements de grande longueur d'onde. Les petites ouvertures de la boîte de laiton utilisées dans l'expérience précédente furent masquées par deux demi-tubes de laiton placés extérieurement et noircis, dont le haut était encore protégé par des écrans. En revenant à l'emploi de l'électromètre sans capacité adjointe, j'ai constaté que le fait d'allumer un bec Auer à $1^{m},50$ environ doublait à peu près la quantité de charges négatives recueillies. On peut se demander si le

---

(1) *Ann. de Phys.*, t. II, 1900, p. 359. — Mémoire traduit dans *Ions, Électrons, Corpuscules*, t. I, p. 398.

(2) Pour effectuer les mesures il faut, dans ce cas, adjoindre à la paire de quadrants une capacité de 0,1 microfarad.

phénomène n'est pas produit par des ondes de longue période diffractées à travers les petites ouvertures masquées.

Cela conduit aussi à considérer comme possible l'explication du phénomène observé dans l'obscurité complète par *l'action sur le métal du rayonnement d'équilibre existant à la température ordinaire à l'intérieur du corps noir où est placé le métal.* Ceci revient à admettre à la température ordinaire une persistance suffisante de l'effet Edison, si les électrons mis en jeu dans le phénomène photo-électrique sont des électrons libres ou de conductibilité, sans que les faits expérimentaux paraissent rendre nécessaire l'hypothèse, proposée par M. J.-J. Thomson, d'une explosion spontanée des atomes, analogue à la destruction des atomes radioactifs. Il semble donc qu'il y aurait intérêt à répéter l'expérience à très basse température. C'est ce que je me propose de faire prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction des dérivés nitrosés de l'acétyl- et du benzoylhydrazobenzène.* Note de M. **Louis Nomblot**, présentée par M. A. Haller.

La réduction des nitrosamines secondaires fournit, comme on sait, dans certaines conditions, des hydrazines dissymétriques. On pouvait supposer qu'un processus analogue permettrait d'obtenir des dérivés du triazane à partir des dérivés nitrosés des acidylhydrazo-benzènes :

$$C^6H^5-\underset{\underset{R.CO}{|}}{N}-\underset{\underset{NO}{|}}{N}-C^6H^5 \rightarrow C^6H^5-\underset{\underset{R.CO}{|}}{N}-\underset{\underset{NH^2}{|}}{N}-C^6H^5$$

C'est dans ce but que j'ai soumis à l'action de divers réducteurs les acétyl- et benzoylnitrosohydrazobenzènes.

Avec l'hydrate d'hydrazine en solution alcoolique, il y a, lentement à froid, plus rapidement à chaud, départ d'ammoniaque et régénération de l'acidylhydrazobenzène.

Avec l'amalgame d'aluminium, à froid, on obtient, à côté d'une certaine quantité de dérivé acidylé, de l'aniline et de l'acétanilide ou de la benzanilide, suivant le composé d'où l'on est parti. Il en résulte que, dans une partie du produit, la molécule du dérivé hydrazoïque est scindée entre les deux atomes d'azote; cette réaction pourrait être utilisée en certains cas pour établir la constitution des dérivés hydrazoïques.

Enfin la réduction de l'acétylnitrosohydrazobenzène par la poudre de zinc

et l'acide acétique, effectuée entre 0° et + 5° dans les conditions indiquées par E. Fischer [1], n'a fourni aucun produit réducteur.

En résumé, la réduction des dérivés nitrosoacidylés de l'hydrazobenzène ne permet pas d'obtenir, même dans les conditions les plus favorables, de dérivés du triazane.

Le *nitrosoacétylhydrazobenzène* s'obtient en faisant tomber à la température ordinaire une solution alcoolique d'acide chlorhydrique en quantité calculée, dans une émulsion d'acétylhydrazobenzène dans l'alcool, additionnée de la quantité théorique de nitrite d'éthyle. Après une heure ou deux d'agitation, tout s'est dissous. On précipite par l'eau; le dérivé nitrosé d'abord huileux se solidifie peu à peu; on le purifie par cristallisation dans l'éther, d'où il se dépose en gros prismes jaunes fusibles à 65°. Modérément soluble dans l'alcool et l'éther.

Le *nitrosobenzoylhydrazobenzène* se prépare d'une façon analogue à partir du benzoylhydrazobenzène, à cette différence près que la nitrosation s'effectue sans qu'il y ait dissolution complète du produit. On essore et l'on fait cristalliser dans l'alcool; il se présente en paillettes légèrement jaunâtres fondant à 116°,5. Peu soluble dans l'alcool et l'éther.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désinfection par la combustion incomplète de la paille.* Note [2] de M. **A. Trillat**, présentée par M. A. Laveran.

J'ai montré, dans un travail antérieur [3] sur la composition des fumées des divers combustibles, que ceux-ci, selon leur nature et le mode de combustion, étaient susceptibles de fournir des produits gazeux antiseptiques en proportions assez notables pour permettre d'obtenir la stérilisation en surface de quelques germes pathogènes. J'ai fait aussi ressortir [4], dans une étude bibliographique sur l'emploi des feux et des fumées dans l'antiquité, que cette pratique, abandonnée aujourd'hui depuis l'avènement des méthodes guytoniennes, reposait cependant sur un fondement scientifique et pouvait être utilisée dans certains cas, notamment dans la désinfection en surface de locaux ne craignant pas la détérioration.

Le principe de cette désinfection repose sur la présence en milieu acide de dérivés aldéhydiques et polyphénoliques qui se produisent au cours de la combustion incomplète de la paille.

---

(1) E. Fischer, *Ann. Chem.*, t. CXC, p. 174.

(2) Présentée dans la séance du 10 janvier 1910.

(3) *Annales de l'Institut Pasteur*, nov. 1905.

(4) *Ibid.*, nov. 1905.

Leur formation est due à l'oxydation des gaz de la combustion sur le charbon de paille porté à haute température : ce charbon, par sa texture et sa surface, constitue en effet un agent catalytique très énergique qui provoque la production de l'aldéhyde formique à un état plus ou moins polymérisé ; le mécanisme de cette formation se trouve donc expliqué par l'oxydation des principaux produits de distillation de la paille, tels que les alcools méthylique et éthylique, l'acide acétique, l'acétate d'éthyle, les hydrocarbures et l'acroléine elle-même. Je me suis assuré, par des expériences publiées à part, que tous ces corps à l'état gazeux, y compris l'acroléine, étaient oxydés à une température d'environ 400°, en donnant naissance à de l'aldéhyde formique ou plutôt à du trioxyméthylène [1].

Le dosage des dérivés polymérisés de l'aldéhyde formique a été fait en recueillant les fumées dégagées d'une quantité donnée de paille sous une cloche, dans un récipient contenant une solution aqueuse de sulfate de diméthylaniline. On a calculé le poids de la formaldéhyde polymérisée d'après celui de la base tétraméthylée obtenue :

$$CH^2O + 2C^6H^5Az(CH^3)^2 = H^2O + CH^2[C^6H^4Az(CH^3)]^2.$$

Les proportions d'aldéhyde obtenues sont très différentes selon les conditions dans lesquelles on opère. Elles ont varié dans mes expériences de 200^{mg} à 2^g par kilogramme du poids de la paille. A ces doses d'aldéhyde formique polymérisée, il faut ajouter les polyphénols dont l'action antiseptique vient s'additionner à celle des dérivés aldéhydiques. Enfin, il y a lieu de tenir compte de deux facteurs qui augmentent considérablement l'action antiseptique. Ce sont la présence de l'acide pyroligneux et l'élévation de température. On sait que les antiseptiques, et c'est notamment le cas pour l'aldéhyde formique, agissent d'autant plus énergiquement que le milieu atmosphérique est plus acide et se trouve à une température plus élevée.

Il résulte de ces considérations que, pour obtenir le maximum de l'effet antiseptique, on devra observer certaines précautions pour brûler la paille. Il faut, tout d'abord, éviter une combustion trop complète, sans trop dépasser la carbonisation. Dans ce but, on dispose la paille en couche alternativement sèche et humide, de manière que les fumées traversent les parties charbonneuses, à demi consumées, en s'oxydant à leur contact.

---

[1] Ce charbon jouit de propriétés antiseptiques dues en partie à la présence de petites proportions de trioxyméthylène qui y restent incorporées.

L'élévation de température du local à désinfecter et qui doit atteindre au moins 30° pour être efficace, est obtenue par des feux de paille, placés en divers points. On doit autant que possible boucher les ouvertures.

Voici un exemple de désinfection d'un espace de 140^{m^3} dans lequel il a été brûlé 18^{kg} de paille; la température de l'espace a atteint 35°, et les objets contaminés ont été ensemencés après 12 heures de contact avec les fumées :

Observations.	Témoins pour chaque essai. — Objets contaminés : 12 ont cultivé.	Coli-bacille. — Objets contaminés : 16		Bacille typhique. — Objets contaminés : 12		Charbon sporulé. — Objets contaminés : 12		Diphtérie. — Objets contaminés : 10	
		ont cultivé.	ont été stérilisés.	ont cultivé.	ont été stérilisés.	ont cultivé.	ont été stérilisés.	ont cultivé.	ont été stérilisés.
Après 2 jours.....	12	0	16	0	12	0	12	0	10
» 14 »	»	0	16	1	11	2	10	0	10
» 20 »	»	0	16	1	11	5	7	0	10

La désinfection par la méthode discontinue, en répétant les opérations de chauffage, donne encore des résultats plus probants.

On constate, après chaque opération, la formation d'un léger enduit jaunâtre sur les parois et les objets, ce qui limite l'application de la méthode à des cas particuliers comme ceux de la désinfection des caves, des écuries, des égouts, des tunnels, des cavernes, etc. Le procédé ne peut donner qu'une désinfection de *surface* et d'*espace* : son efficacité, très nette pour des germes pathogènes peu résistants, paraît douteuse pour les formes sporulées à moins de renouveler plusieurs fois l'opération.

Comme on le voit, les anciennes méthodes reposaient sur un véritable principe scientifique; elles sont certainement encore susceptibles d'être améliorées en utilisant ces notions nouvelles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des réactions dues à l'état colloïdal du lait cru.* Note de MM. **F. Bordas** et **Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons établi précédemment que la caséine du lait de vache, bien que chauffé à 110°, décomposait encore l'eau oxygénée, et que sous l'influence des sels de chaux contenus dans le lait, il se produisait, en présence de la paraphénylènediamine, une coloration bleue.

Comme on ne peut admettre l'existence d'enzymes dans un liquide chauffé à 110° et que d'ailleurs la réaction se produit en dehors de toute action diastasique, ainsi que nous l'avons précédemment établi, il était nécessaire d'étudier d'un peu plus près le mécanisme de toutes ces transformations.

Nous sommes donc conduits à rechercher les causes qui favorisent la décomposition de l'eau oxygénée dans le lait : c'est ce point spécial qu'il faut élucider tout d'abord, puisque la théorie des enzymes peroxydantes du lait cru est basée exclusivement sur cette décomposition spontanée de l'eau oxygénée.

On sait que l'eau oxygénée est décomposée par une foule de corps poreux (cellulose, tripoli, pierre ponce, etc.) de corps insolubles finement pulvérisés et secs (talc, sable, carbonate de chaux, etc.).

L'expérience démontre que tous ces corps inertes produisent, lorsqu'on les ajoute à un lait préalablement chauffé, les réactions colorées, caractéristiques attribuées jusqu'ici aux enzymes peroxydantes.

On sait aussi que les solutions métalliques colloïdales décomposent l'eau oxygénée avec plus ou moins d'intensité, mais la plupart de ces colloïdes sont déjà colorés et nous ne pouvions les utiliser dans les essais que nous voulions entreprendre. Nous avons dû aussi laisser de côté tous les colloïdes organiques puisque ces derniers posséderaient déjà des enzymes.

Nos recherches nous ont amenés à nous servir de l'oxalate de fer et du lactate de fer. Ces deux sels jouissent de la propriété de décomposer non seulement l'eau oxygénée, mais encore de donner *toutes les réactions* caractéristiques des enzymes du lait cru.

Le lactate de fer décompose même l'eau oxygénée avec une telle intensité, que ce sel devrait, d'après les théories admises, posséder une catalase très active. Nous nous réservons de revenir plus tard sur ce point spécial.

On obtient des résultats tout aussi concluants en employant de l'argile colloïdale, laquelle se prépare très facilement en suivant la technique indiquée par Schlœsing. L'expérience prouve que ce liquide colloïdal décompose l'eau oxygénée, et l'on obtient encore *toutes les réactions* colorées caractéristiques des enzymes peroxydantes du lait cru.

Nous devrions donc conclure que l'oxalate de fer, le lactate de fer, l'argile contiennent des anaéroxydases, des catalases, etc., et ces conclusions seraient aussi légitimes que celles qui découlent des travaux faits dans ce sens sur le lait cru.

Mais si, abandonnant la théorie des enzymes peroxydantes du lait cru, nous rattachons tous ces phénomènes à un phénomène catalytique provoqué par l'état colloïdal du lait cru, nous aurons immédiatement l'explication de toutes les réactions.

Nous avons voulu, pour que la démonstration fut plus frappante encore, rétablir en partie l'état colloïdal d'un lait après l'avoir détruit par la chaleur.

On y arrive en faisant l'expérience suivante :

Prenons du lait cru, ou mieux encore du lait cru complètement écrémé, portons ce lait à la température de 85° afin de n'avoir aucune coloration avec les réactifs généralement utilisés, puis faisons-lui subir une sorte de laminage, de façon à pulvériser la caséine à un degré de finesse telle qu'elle reste en suspension dans le lactosérum; on y arrive en employant le procédé dit *de fixation*, qui consiste à faire jaillir un jet très fin de lait contre un plateau d'agate sous une pression de 300^{atm}.

Pour plus de précautions ce lait est ensuite stérilisé à 110°. Dans ces conditions, l'expérience démontre qu'alors que le lait initial chauffé à 85° était sans action sur les réactifs, le lait pulvérisé et chauffé à 110° décompose l'eau oxygénée et se colore en bleu avec le réactif de Storch.

Nous pensons que ces résultats démontrent suffisamment l'inutilité de l'intervention d'anaéroxydases, de catalases, etc., pour expliquer les phénomènes de décomposition de l'eau oxygénée dans le lait cru.

Pour ceux qui admettent la présence dans le lait d'enzymes variées, le chauffage à 85° présente ce grave inconvénient d'en modifier profondément les propriétés physiologiques.

L'expérience précédente montre, en ce qui concerne tout au moins les peroxydases, qu'il n'en est rien, puisque l'état physique du lait est seul modifié par ce traitement ; encore peut-il être rétabli par la fixation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur le vin en fermentation.* Note de MM. **Maurain** et **Warcollier**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons exposé, dans une Note du 12 juillet 1909, les résultats obtenus en faisant agir le rayonnement d'une lampe en quartz à vapeur de mercure sur le cidre en fermentation.

Nous avons étudié, avec un dispositif identique à celui décrit dans cette Note, l'action de ce rayonnement sur un vin blanc mousseux; nous avons cherché pendant combien de temps il faut faire agir ce rayonnement sur des couches de vin de différentes épaisseurs pour détruire la levure et empêcher ainsi une fermentation nouvelle. Le vin qui a servi aux essais avait subi la prise de mousse et était prêt à être dégorgé.

Avec des couches de vin de $\frac{1}{4}$ de millimètre d'épaisseur, étalées entre une lame de quartz de 5^{mm} d'épaisseur et une lame de verre, et exposées au-dessus de la lampe de manière que la lame de quartz fût à 4^{cm} de la lampe, l'arrêt de la fermentation a été obtenu toujours pour une durée d'exposition supérieure à 10 secondes, et jamais pour une durée inférieure à 5 secondes.

Avec des couches de vin de $1^{mm},7$ d'épaisseur, exposées directement à 4^{cm} de la lampe, l'arrêt de la fermentation a été obtenu toujours pour une durée d'exposition supérieure à 1 minute (sauf cependant, sans doute par accident, pour une seule des nombreuses préparations) et jamais pour une durée inférieure à 30 secondes.

Rappelons que, pour le cidre pur, la stérilisation nécessite une durée d'exposition supérieure à 2 ou 3 minutes pour des couches de $\frac{1}{4}$ de millimètre, et qu'elle n'est pas réalisée après 15 minutes d'exposition pour des couches d'environ 1^{mm}.

Ainsi la stérilisation du vin blanc est plus facile que celle du cidre, ce qui est lié à la plus grande transparence du vin pour les rayons efficaces.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Influence de la culture sur la teneur en alcaloïdes de quelques Solanées.* Note de M. **J. Chevalier**, présentée par M. Armand Gautier.

La plupart des pharmacologues admettent que les plantes médicinales recueillies sur leurs stations naturelles sont plus riches en principes actifs et par conséquent plus actives que les plantes cultivées industriellement. Ce fait peut être exact dans la pratique à l'heure actuelle, mais cette diminution d'activité provient uniquement de ce que souvent ces plantes sont cultivées sur un sol qui ne leur convient pas et dans des conditions défavorables.

Les recherches que nous poursuivons depuis quelques années nous ont montré qu'au contraire, sous l'influence d'une culture rationnelle, avec l'emploi d'engrais appropriés pour chaque espèce de plantes, on obtient des drogues possédant une teneur en principes actifs qui leur confère une activité thérapeutique au moins égale à celle des plantes sauvages.

Les Solanées utilisées en médecine proviennent presque toujours de plantes cultivées. Aussi bien en France qu'à l'étranger, les quantités recueillies à l'état sauvage tendent à diminuer de plus en plus et sont beaucoup trop faibles pour suffire aux demandes toujours croissantes.

La Belladone de culture, d'après les différents travaux, est toujours moins

active que la Belladone sauvage. Le fait, signalé encore dernièrement par Forrester et par Warin, est exact.

Ce sont surtout les Belladones que nous recevons d'Italie qui présentent une faible teneur en alcaloïdes (0,107-0,187 pour 100; même 0,058 pour 100, Warin).

Les lots de Belladone, qui nous arrivent d'Autriche, sont d'ordinaire plus riches (0,251-0,372 pour 100). Les Belladones françaises de culture ont encore une teneur plus forte en alcaloïdes, elles titrent en moyenne 0,300-0,450 pour 100, mais notre production est insuffisante et nous sommes obligés de recourir à l'étranger pour plus de la moitié de notre consommation.

En exécution de la mission qu'a bien voulu me confier M. le Ministre de l'Agriculture, j'ai étudié systématiquement la culture des Solanées vireuses et en particulier de la Belladone, pour essayer de l'améliorer, afin d'obtenir un produit aussi actif que la drogue récoltée à l'état sauvage.

Grâce à l'obligeance de M. Fouché, à Houdan, j'ai pu faire ces essais sur des champs entiers, et les résultats obtenus ont l'avantage de pouvoir être considérés comme industriels.

Les champs de Belladone utilisés renferment environ 50000 pieds à l'hectare; la récolte totale est en moyenne de 15000^{kg} de feuilles fraîches qui perdent à la dessiccation 80 à 90 pour 100 de leur poids. Les feuilles de printemps sont beaucoup plus aqueuses que celles de l'été ou de l'automne; c'est pour cette raison que la teneur en alcaloïdes des feuilles de la première coupe est un peu plus considérable que celle des feuilles de la seconde.

Étant donnée la fragilité de la Belladone, il ne nous a pas été possible de faire état de l'âge des plants; dans les champs, on est obligé de renouveler constamment les plants de Belladone détruits par les vers blancs et les intempéries. D'après les essais faits en jardin, seuls les plants de première année sont un peu moins riches en alcaloïdes que les autres.

Les terrains sur lesquels nous avons opéré sont assez perméables, plutôt riches en chaux (3,22 à 4,80 pour 100); de richesse moyenne en acide phosphorique (0,07 pour 100); les plantes reçoivent une quantité d'azote totale largement suffisante (0,12 à 0,15 pour 100).

Nous avons, en 1909, expérimenté sur ces terres l'influence des divers engrais sur la teneur en alcaloïdes des feuilles de la Belladone, déjà guidés par des essais faits antérieurement et dont les résultats avaient été incer-

tains. Nous avons obtenu les résultats suivants :

		Alcaloïdes totaux pour 100g de feuilles sèches.
		g
Champs témoins : Travail et fumure habituelle		0,320
		0,336
Champs avec addition d'acide phosphorique et potasse		0,480
		0,490
Jardin; essais avec addition d'engrais azotés, sans addition d'acide phosphorique ni de potasse.	Plants de 2 ans	0,616
	Plants jeunes	0,406
Champs avec addition d'engrais azotés.	Champ Mallet (terre forte)	0,676
	Champtier des Vignes (terre plus caillouteuse)	0,680
	Tenant du séchoir (addition de fumier et nitrate)	0,756

Ces diverses récoltes vendues pour la fabrication de préparations galéniques ont donné, d'après le rendement et le titrage de ces préparations, $0^g,5104$ d'alcaloïdes totaux pour 100 parties de feuilles sèches (Boulanger-Dausse).

Ces quelques chiffres montrent que l'addition d'engrais phosphatiques et potassiques ne paraît pas influencer bien sensiblement la belladone, mais que, par contre, la teneur en alcaloïdes de ses feuilles est considérablement augmentée par l'addition d'engrais azotés. Il semble qu'il y ait intérêt à employer à la fois les nitrates et le fumier, c'est-à-dire à fournir de l'azote utilisable immédiatement et aussi à échéance plus éloignée.

La culture de la Jusquiame et du *Datura stramonium* (variété à capsule sans épines) nous a donné des résultats comparatifs. Nous avons pu obtenir un lot de Jusquiame titrant $0^g,286$ d'alcaloïdes totaux pour 100 de feuilles sèches, alors que la moyenne est de $0^g,070$-$0^g,180$ et un lot de feuilles de *Datura* titrant $0^g,200$ d'alcaloïdes totaux pour 100 de feuilles sèches au lieu de $0^g,100$-$0^g,125$.

Chaque essai a porté sur 50^g de feuilles concassées (tamis 12, laiton) qui ont été épuisés par de l'alcool bouillant acétique (1 pour 100 d'acide en volume) jusqu'à disparition de la coloration de l'alcool. Les liqueurs alcooliques évaporées dans le vide jusqu'à disparition complète de l'alcool donnent un résidu qui est repris par 150^{cm^3} d'eau bouillante. On refroidit et l'on filtre. Le liquide jaunâtre est saturé par CO^3K^2 et épuisé à l'éther; l'éther est séché par filtration sur du sel Solvay et distillé; le résidu pesé après dessiccation dans le vide à 40° C. jusqu'à poids constant.

Ce résidu encore impur est dissous dans SO^4H^2 demi-normal et titré ensuite avec le réactif de Mayer.

Ce sont ces derniers chiffres que nous avons utilisés, ils sont en moyenne 3 à 4 pour 100 plus faibles que le poids des alcaloïdes totaux que l'éther laisse comme résidu.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Quelques observations sur le* pied noir *de la Pomme de terre.* Note de M. **Hegyi**, présentée par M. Prillieux.

Je me suis beaucoup occupé pendant ces dernières années de la maladie du *pied noir* de la Pomme de terre qui, tant en Hongrie qu'en Allemagne, a considérablement diminué les récoltes.

Les caractères principaux de cette maladie sont les suivants : en été, la région du collet, au-dessus et au-dessous du sol, devient noire et pourrit; les parties aériennes de la plante dépérissent et la formation des tubercules s'arrête.

Cette maladie est attribuée à des Bactéries et spécialement au *Bacillus phytophthorus* Appel; on admet qu'elle se propage par les tubercules de semence infectés.

Il y a environ 3 ans, j'ai eu occasion d'observer souvent en Hongrie, à la station de Magyarovàr, des plants de Pomme de terre atteints du *pied noir* et j'ai isolé des tiges malades et cultivé plusieurs espèces de Bactéries qui n'ont pas encore été déterminées; mais l'examen des cultures a montré qu'on pouvait obtenir des tiges malades des espèces différentes selon les localités d'où elles provenaient.

J'ai été chargé par le Gouvernement hongrois, au commencement de l'année 1909, d'acheter à l'étranger une quantité considérable de tubercules de semence dont une partie (1000 quintaux) fut cultivée au domaine royal hongrois des Haras, à Bàbolna. Dans le courant de l'été on m'annonça que les tubercules de semence donnaient des plantes atteintes de *pied noir*. Comme j'avais pris les plus grandes précautions et que je n'avais acheté que des tubercules complètement sains, le fait me parut inexplicable. Dans les terrains lourds 5 à 10 pour 100, dans les terrains plus légers et même sablonneux 40 pour 100 des plants étaient atteints par la maladie. Par un examen attentif, je pus constater que les parties de la tige placées sous la terre étaient rongées et perforées par des insectes. Il ne fut pas difficile de déceler les auteurs de ces lésions. C'étaient des larves de Taupin (*Agriotes*) ou vers *fil de fer* qui se trouvaient en énorme quantité dans le sol. J'examinai plusieurs centaines de plantes malades, mais je n'en trouvai pas une seule dont la tige, dans la partie située au-dessous de la surface du sol, n'eût été rongée et perforée en plusieurs endroits.

Cette observation me persuada que le *pied noir*, à Bàbolna, n'avait pas son origine dans les tubercules de semence, mais bien dans les Bactéries du sol, qui pénétraient, par les lésions, à l'intérieur de la tige et y provoquaient la pourriture des tissus.

Depuis, j'ai pu faire des constatations semblables dans d'autres points de

la Hongrie, notamment à Magyarovàr, où la maladie du *pied noir* sévissait avec intensité dans les champs d'expérience de la Station et dans ceux de l'Académie d'Agriculture. Là, comme à Bàbolna, je constatai que sans insectes il n'y avait pas la moindre trace de *pied noir*. Je me rendis également dans la Hongrie septentrionale, la patrie de la culture de la Pomme de terre, et y fis des recherches sur divers points (Nord-Ouest, Nord et Nord-Est). Il ne me fut pas possible de trouver une seule plante atteinte du *pied noir* sans que la partie du collet située en terre n'eût été rongée par des insectes.

Au mois de novembre 1909, au cours d'une visite que je fis au professeur Eriksson, à Stockholm, je pus observer dans sa collection de Pathologie végétale un échantillon de Pomme de terre, atteint du *pied noir* et conservé dans la formaline, dont la tige était également perforée et rongée dans sa partie inférieure. La maladie s'était donc propagée en Suède comme en Hongrie. Je visitai ensuite à Munich la collection du professeur von Tubeuf et j'y pus faire les mêmes constatations qu'en Suède.

Toutes ces observations contribuent à démontrer que la cause du *pied noir*, au moins dans les cas indiqués ci-dessus, ne devrait pas être attribuée aux tubercules de semence.

On ne peut conclure de ce qui précède que le *Bacillus phytophthorus* n'est pas un parasite capable d'engendrer le *pied noir*. Il est bien certain que les blessures de la tige sont trop petites pour provoquer la mort de la plante, et d'un autre côté Appel a réussi à produire artificiellement la maladie avec sa Bactérie. Le rôle des insectes consiste donc à ouvrir une voie de pénétration aux microorganismes du sol.

Des recherches ultérieures devront permettre de décider si le *Bacillus phytophthorus* seul est capable de produire le *pied noir* ou si, dans certaines contrées, d'autres Bactéries ne peuvent être incriminées.

PHYSIOLOGIE. — *Formation dans le foie d'une substance anticoagulante sous l'influence d'un alcaloïde.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Dastre.

1. J'ai démontré avec mes élèves Kareff et Claude Gautier les faits suivants :

L'atropine détermine chez le chien l'incoagulabilité du sang lorsqu'on injecte le poison dans une veine mésaraïque ou dans le canal cholédoque. Additionnée au sang *in vitro*, l'atropine est sans effet. Injectée dans une veine

de la circulation générale l'atropine est inactive, à moins que la dose ne soit absolument massive.

II. L'atropine agit par l'intermédiaire du foie, par un mécanisme analogue sinon identique à celui mis en évidence par M. Delezenne pour la peptone.

La démonstration nécessite l'intervention de deux animaux :

Premier chien. — On place dans une carotide une canule reliée à un tube de caoutchouc. Ce tube servira à dériver le sang artériel vers la veine-porte d'un second chien; il porte une tubulure permettant de recueillir du sang artériel du premier chien avant le passage du liquide dans le foie du second sujet.

Second chien. — L'animal est saigné à blanc; pour anémier au maximum les organes, on sectionne le bulbe au cours même de la saignée. Lorsque le sang ne s'écoule plus, on place une canule dans la veine-porte et une canule dans la veine-cave au-dessus de l'abouchement des veines sus-hépatiques; la veine-cave est liée au-dessous du foie.

On relie la carotide du premier chien à la veine-porte du foie exsangue. On recueille une série d'échantillons du sang qui a traversé ce foie. Puis on injecte dans une jugulaire du premier chien, avec brusquerie, quelques centimètres cubes d'une solution concentrée d'atropine.

On continue à recueillir le sang qui s'écoule du foie et l'on recueille en plus des échantillons de sang carotidien avant son passage à travers cet organe.

Les échantillons recueillis en aval du foie, avant l'injection d'atropine, coagulent tous normalement. Le sang recueilli en aval du foie, après l'injection d'atropine, est incoagulable; il a acquis la propriété d'empêcher *in vitro* le sang normal de coaguler. Le sang recueilli par la tubulure latérale, après l'injection d'atropine, mais en amont du foie, coagule normalement.

Exemple. — Un aide recueille quatre échantillons de sang, de 10^{cm^3} à 15^{cm^3} chacun, après le passage à travers le foie. J'injecte à ce moment 10^{cm^3} d'une solution de sulfate neutre d'atropine à 4 pour 40, dans une jugulaire du premier chien (20^{kg}). Immédiatement après l'injection, on recueille parallèlement une série d'échantillons de sang au sortir du foie et une série avant le foie. 24 heures plus tard, tous les échantillons prélevés après l'injection et après le passage à travers le foie étaient encore absolument liquides; seul, l'échantillon prélevé immédiatement après l'injection commençait à se prendre, mais le caillot, très petit, était facile à dissocier par agitation. Tous les échan-

tillons prélevés avant l'injection ont coagulé normalement. Il en a été de même des échantillons prélevés après l'injection mais avant le passage du sang à travers le foie. J'ai ajouté à trois échantillons de sang incoagulable, respectivement, $0^{vol},5$, 1^{vol} et 2^{vol} de sang normal provenant d'un troisième chien. 24 heures après le mélange, tous ces échantillons étaient encore liquides; seul le tube contenant 1^{vol} de sang incoagulable et 2^{vol} de sang normal présentait un petit caillot.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Conséquence de la théorie d'Young. De la construction chromatique dans l'espace.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. J. Violle.

On sait que le mélange de deux sensations colorées non complémentaires produit à la fois du blanc et une troisième couleur.

L'examen quantitatif de ce fait montre que l'intensité de coloration de la couleur ainsi produite est toujours inférieure à la moyenne des deux composantes et peut s'abaisser à un minimum égal à la moitié de cette moyenne [1]. Ce qui disparaît comme sensation colorée se retrouve comme blanc binaire mélangé à cette couleur.

En conséquence le diagramme des couleurs obtenues par le mélange de deux sensations primaires prend la forme d'un triangle équilatéral ABC inscrit dans un cercle (*fig.* 1). Si l'on fait intervenir la troisième sensation primaire, le diagramme devient une construction dans l'espace (*fig.* 2).

Le blanc, étant la source de toutes les sensations colorées que l'œil peut éprouver pour un éclairage donné, se trouvera à l'extrémité d'un axe dont la longueur est limitée à trois rayons : $OO' = OA + OB + OC$. Son point de départ est en O, lieu du noir absolu; et sur la ligne OO' se placent tous les intermédiaires constituant l'échelle des gris.

La ligne AO' est le lieu des points qui représentent les couleurs intermédiaires entre A sensation primaire et O' sensation du blanc ternaire. La coloration sera maximum au point A, nulle au point O'.

L'intensité lumineuse totale ira en croissant depuis A où elle est de $\frac{1}{3}$ jusqu'au sommet O' où elle est égale à l'unité.

Nous savons qu'une couleur binaire est représentée par deux points, placés sur un même rayon : l'un H, situé à l'intersection du rayon et de l'un des côtés du triangle; l'autre L, placé sur la circonférence. La ligne HO' sera la place des intermédiaires entre la couleur H et le blanc en O'.

Elle fait partie de la pyramide $O'ABC$, et la ligne LO' représentant l'intensité lumineuse totale fait partie du cône enveloppant.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 235.

Toutes les couleurs qui peuvent se concevoir pour un éclairage donné trouvent leur place dans cette construction, laquelle se résume en une pyramide triangulaire à base équilatérale engagée dans un cône, qui a même sommet O′ et qui a pour base le cercle passant par les trois points A, B, C correspondant aux trois sensations fondamentales.

Pour chaque couleur elle donne :

1° La distance angulaire, c'est-à-dire la nuance; 2° sa complémentaire; 3° l'intensité relative de coloration ; 4° l'intensité du blanc binaire ; 5° l'intensité du blanc ternaire.

Fig. 1.

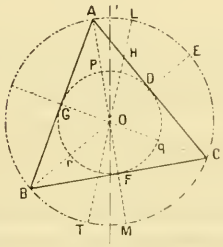
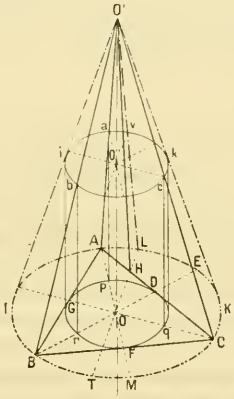


Fig. 2.



Elle les définit par conséquent d'une manière précise.

Mais il y a un chiffre qu'elle ne donne pas, et sur lequel il est utile d'appeler l'attention : c'est le blanc ternaire provenant de la lumière blanche diffusée par la surface colorée. Or, ce chiffre est compris dans la somme qui est représentée par l'angle du secteur blanc trouvé expérimentalement [par les expériences (1) et (3) de la Note précédente].

De ce fait, cette donnée numérique est un maximum, et la proportion du blanc qui résulte du mélange des seules sensations colorées reste inconnue.

La construction dans l'espace est une conception théorique. Elle n'a pas besoin d'être exécutée pour rendre service.

Les données que nous avons employées, savoir : le blanc, le noir et trois types de couleurs équidistantes à la vue, représentant en nuance et en intensité de coloration les trois sensations fondamentales, suffisent. Car les relations que nous avons trouvées, pour un même éclairage, entre ces cinq données sont constantes. En effet, les types qui ont servi à ces mêmes expériences en 1875 à Mulhouse, en 1881 à Paris, donnent encore aujourd'hui les mêmes résultats numériques. Elles sont donc suffisamment indépendantes du temps et du lieu pour acquérir une valeur générale.

Mais, sur ces cinq données, deux seulement (le noir et le blanc) peuvent être reproduites partout et en tout temps identiques à elles-mêmes. Il n'en est pas ainsi pour les trois couleurs dont il faudrait fixer les types par convention : difficulté qui serait aisément vaincue si le besoin s'en faisait sérieusement sentir.

ZOOLOGIE. — *Sur les Poissons de la famille des Némichthyidés.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

Cette famille de Téléostéens apodes contient des espèces, abyssales le plus souvent, surtout répandues dans l'Atlantique intertropical, ou dans son voisinage. Un seul exemplaire lui appartenant fut signalé, à ma connaissance, et en 1904, par Ariola, comme pris dans la Méditerranée, près de Gênes. Cet auteur s'en est servi pour créer, dans le genre *Nemichthys*, une espèce nouvelle, qu'il a nommée *N. mediterraneus* ; il semble plutôt, d'après sa description assez incomplète et d'après la figure, qu'il s'agit d'un *Avocettina*, autre genre de la famille. Il devient important, en de telles conditions, de signaler l'existence dans la Méditerranée d'un *Nemichthys* véritable, nettement caractérisé, faisant partie du cycle des formes d'une espèce atlantique déjà connue, *N. scolopaceus* Rich. L'unique individu fut pris, en janvier 1908, non loin de Toulon ; conservé dans les collections de la station de Biologie marine de Tamaris, j'ai pu l'étudier, grâce à l'obligeance de M. le professeur R. Dubois, directeur de cette station.

Cette étude m'a permis de compléter les notions déjà acquises sur la structure de Poissons aussi remarquables.

L'un des caractères du genre *Nemichthys* tient à sa possession d'une ligne latérale munie de trois rangées de pores ; or, ces rangées sont inégales : deux se montrant vrai-

ment continues, et l'intermédiaire s'interrompant de place en place, par intervalles, pour faire avec les autres une alternance des plus régulières. En outre, la tête porte aussi trois rangées de pores : l'une nucale et mandibulaire, inférieure; la deuxième post- et infra-orbitaire; la troisième inter- et pré-orbitaire. La nageoire dorsale comprend, comme Brauer (1906) l'a reconnu le premier sur cette espèce, trois régions : deux extrêmes aux rayons filamenteux, une moyenne aux rayons courts et gros, en aicules ; cette dernière possède aussi quelques rayons filamenteux, joints aux précédents. Les dents diffèrent de la mandibule inférieure à la supérieure ; celle-ci en a trois rangées, deux latérales et une médiane ou vomérienne ; celle-là ne porte que les deux latérales.

La disposition la plus digne d'intérêt est celle des viscères.

On sait que la famille entière est caractérisée, mieux que la plupart des autres Apodes, par le report en avant de l'orifice anal. Ce report est surtout accentué chez *Nemichthys :* l'anus est situé à proximité de la tête, au niveau de la première moitié des pectorales. Ceci entraîne de nombreuses déviations à la structure ordinaire, et donne à ces Vertébrés, même dans leur groupe, une conformation peu commune. Le tube digestif se recourbe sur lui-même, décrivant une boucle complète, aux deux branches parallèles, comme celui d'un Bryozoaire ou d'un *Phoronis*. La zone terminale du rectum se place au-dessous du cœur, et l'anus se trouve percé au niveau du ventricule. Le foie, le rein, à leur tour, s'étirent et s'allongent. La cavité abdominale, qui contient ces viscères, est courte, du reste, car son grand axe mesure, de sa région cardio-anale à son extrémité postérieure, le septième seulement de celui du corps.

L'individu qui m'a servi dans cette étude a une forte taille, supérieure de beaucoup à celle des représentants déjà décrits de la même espèce; ceux-ci n'ont pas 1^{m} de longueur, alors que celui-là compte près de $1^{m},50$. Malgré quelques particularités distinctives, je le rapporte à *N. scolopaceus* Rich. déjà signalé dans l'océan Atlantique. Il ne convient guère, ici, de créer une espèce pour un seul exemplaire, en raison de l'extrême capacité de variation que la biométrie dénote chez les Poissons.

Quelques données de géographie zoologique méritent, enfin, de se prendre en considération. L'espèce visée a été recueillie, à plusieurs reprises, dans l'Atlantique, au large des côtes d'Afrique. Le fait qu'elle existe aussi dans la Méditerranée contribue à corroborer cette opinion de Günther, que cette zone de l'Atlantique pourrait se rattacher à la province méditerranéenne. Il dénote, en outre, que cette dernière contient une faune bathypélagique, dont les divers représentants ne sont pas tous connus, ou le sont à peine, malgré les nombreuses investigations dont cette mer est l'objet depuis longtemps.

HISTOLOGIE. — *Sur la structure de la tectoria.* Note de M. E. **Vasticar**, présentée par M. Henneguy.

La véritable structure de la tectoria est la suivante : elle est composée d'une membrane fondamentale d'une finesse extrême, de l'épaisseur de la membrane de Reissner. Sur sa face supérieure est implanté verticalement un chevelu cilié à filaments indépendants, pointus et absolument libres par leur extrémité supérieure. Quelques-uns portent à leur extrémité un petit corps ovoïde de nature cuticulaire. La face inférieure montre sur toute son étendue des stries *spirales* qui sont formées par la succession des points d'attache de courts ligaments cuticulaires qui la réunissent à l'épithélium pavimenteux tapissant la surface des dents auditives, aux interlignes des cellules du sillon spiral interne, à la surface des piliers internes, aux bras de soutien des anneaux ciliés de la deuxième rangée qui appartiennent aux piliers externes, aux anneaux ciliés, à quelques points des phalanges et quelquefois aux interstices cellulaires du massif des cellules de Hensen.

Les sillons de la bandelette sillonnée sont remplis en totalité par des cellules conjonctives à un ou plusieurs noyaux. Le protoplasma de ces cellules déborde plus ou moins en hauteur la plate-forme des dents auditives, se rejoint pour constituer un matelas protoplasmatique continu qui sécrète la partie de la tectoria en rapport avec la protubérance de Huschke. Les ligaments cuticulaires qui s'attachent sur les dents auditives s'insinuent dans les espaces qui séparent plus ou moins les masses protoplasmatiques.

Le prolongement de la tectoria sur les cellules de Hensen s'observe sur certaines préparations. Sur d'autres, concernant exactement la même région, il n'existe pas. On le trouve lorsque le massif des cellules de Hensen ne dépasse pas la hauteur des cellules ciliées. Je parle du point de jonction seulement des cellules de Hensen à la surface ciliée. La tectoria ayant besoin d'un point d'attache externe qui devient plutôt un point de retenue envoie une expansion membraneuse sur la surface cochléaire des cellules de Hensen. Lorsque ces dernières font une saillie assez prononcée, le bord tectorial prend sur elles un simple point d'appui et ne se prolonge pas.

Le bord libre de la tectoria est porteur de corps cuticulaires de forme et de volumes variables, irrégulièrement distribués.

Dans l'épaisseur même du chevelu cilié correspondant aux cellules sensorielles, on trouve des formations lenticulaires disposées de champ et qu'on aperçoit de face sur

des coupes frontales, qui sont en rapport par leur bord supérieur avec des arborisations volumineuses dépassant même le niveau supérieur du chevelu cilié. Elles se juxtaposent intimement par leurs bords latéraux. Leur bord inférieur donne naissance à des ligaments verticaux qui se terminent par un renflement cuticulaire situé sur le bord inférieur de la membrane fondamentale et en regard de chaque cellule ciliée. Au pourtour de ce renflement s'insèrent des ligaments cuticulaires dont le point d'attache inférieur est sur le pourtour des anneaux ciliés et en tout petit nombre, deux en moyenne, sur les bras de soutien, ainsi que sur les phalanges. Les cils de la cellule sensorielle sont renfermés à l'intérieur de cette cage cuticulaire et souvent fortement infléchis dans le sens de leur longueur. Ils constituent comme un ressort destiné à maintenir constant l'écartement de la tectoria et de la surface papillaire.

Ces corps lenticulaires paraissent maintenus par le chevelu cilié dont les filaments s'insèrent verticalement sur la membrane fondamentale.

On trouve enfin, sur la surface libre des cellules du sillon spiral interne, des corps arrondis qui présentent un prolongement inférieur tronconique s'implantant dans la substance protoplasmatique de ces mêmes cellules. Leur aspect général est celui d'un clou à tête globuleuse. Ils font office de corps isolateurs. On en retrouve du reste dans toutes les régions de l'organe de Corti, au niveau du paquet de cils de la ciliée interne et sur toute la hauteur du bord interne de la cellule de Deiters de la première rangée et quelquefois dans la partie supérieure de l'interligne des cellules de Deiters des deux autres rangées. On les voit principalement lorsque la cellule de Deiters de la première rangée arrive presque au contact des piliers externes.

Ces observations ont été faites sur le limaçon du Lapin fixé pendant la vie par une solution d'acide osmique.

MÉDECINE. — *Les bases expérimentales de la vaccination antityphique.* Note de M. **H. Vincent**, présentée par M. A. Chauveau.

Les travaux de Fränkel et Simonds, Sirotinin, Beumer et Peiper, Chantemesse et Widal, etc., ont démontré la possibilité de vacciner activement les animaux contre le bacille typhique par l'inoculation de cultures vivantes ou tuées de ce microbe.

En raison de l'importance pratique de ce problème (Pfeiffer et Kolle, Wright), j'ai recherché expérimentalement quel est le procédé de vaccination qui, après vérification chez les animaux, réalise le mode de protection le plus efficace chez l'homme.

Il est à remarquer que les animaux n'ont qu'une faible réceptivité locale (intestinale) et générale pour le bacille d'Eberth. Dès lors il semble difficile de conclure, des effets produits chez l'animal par la vaccination antityphique, à ceux qu'on peut attendre, chez l'homme, de la même vaccination. Facile à immuniser, l'animal pourra d'autant mieux résister ensuite à l'inoculation d'épreuve. Le même mode de vaccination aurait-il déterminé, chez l'homme, une aussi forte immunité?

A l'aide d'une technique nouvelle, j'ai soumis les animaux vaccinés contre le bacille d'Eberth à un mode d'infection tel qu'il amène, d'une manière constante, la mort des animaux témoins, non vaccinés. Ceux-ci succombent à une généralisation parfois considérable du bacille typhique dans leur sang et leurs viscères.

L'animal d'expérience a été le cobaye. Les animaux, divisés par lots, ont reçu sous la peau, et à 10 jours d'intervalle, de une à trois ou quatre injections de l'un des vaccins antityphiques ci-après. 15 jours après la dernière injection, on leur inoculait dans le péritoine 1^{cm^3} de culture typhique virulente de 48 heures en bouillon, et, sous la peau, 2^{cm^3} à 4^{cm^3} de solution de NaCl à 10 pour 100, ou bien $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{8}$ de centimètre cube d'huile d'aniline. Suivant que le cobaye vacciné résistait ou succombait, après cette épreuve, on concluait à l'efficacité ou à l'insuffisance du vaccin.

Les vaccins essayés ont été : culture typhique (de 24 heures ou de 10 jours) vivante ou tuée à 53°-55°; bacilles tués, sensibilisés par un sérum antityphique; extraits bacillaires obtenus par autolyse dans l'eau physiologique seule, ou alcalinisée par 1 pour 100 de AzH^3, puis neutralisée par CO^2; bacilles vivants ou tués, absorbés à fortes doses par la voie digestive.

Sous chacune de ces formes, les vaccins ont déterminé, à des degrés variables, la production d'anticorps bactériolysants, agglutinants et précipitants. L'immunité a été très inégale.

I. En culture en bouillon de 24 *heures*, le *bacille vivant* a été injecté successivement aux doses de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1^{cm^3}. On confère ainsi au cobaye une protection complète et durable pendant 3 à 6 mois. Le pouvoir bactériolytique devient très supérieur à la normale. Les taux d'agglutination et de précipitation atteignent $\frac{1}{1000}$ et quelquefois $\frac{1}{2000}$. Contrairement à Pfeiffer et Friedberger, j'ai constaté une période d'exaltation de la réceptivité (phase négative) d'une durée de 2 à 4 jours.

II. La *culture vivante de* 10 *jours* inoculée comme la précédente donne une immunité assez analogue, peut-être un peu plus faible. Les symptômes morbides causés par les injections sont plus accusés.

III. Faite aux mêmes doses, l'injection aux cobayes de *bacilles tués par chauffage*

à 53°-55° (Leischmann) donne souvent l'immunité après la deuxième inoculation. Trois injections sont, cependant, nécessaires pour assurer une protection sérieuse contre l'infection d'épreuve.

Le pouvoir bactériolysant est un peu plus faible qu'avec le vaccin I ou II; les titres agglutinant et précipitant sont à peu près les mêmes.

IV. La vaccination par *bacilles morts et sensibilisés* (procédé de Besredka) nécessite trois injections. Le pouvoir bactériolytique, presque égal aux précédents, s'affaiblit plus vite. Le taux d'agglutination est le même. La protection contre l'infection d'épreuve a été moins durable qu'avec les vaccins non sensibilisés. Quelques animaux, soumis, 2 mois après, à l'épreuve de contrôle, ont succombé.

V. L'*autolysat de bacilles morts*, proposé par Neisser et Shiga, Wassermann, assure une protection plus faible et moins prolongée que les vaccins I, II et III. Les animaux ont montré un fort pouvoir agglutinant et précipitant de leur sérum.

VI. L'*autolysat de bacilles vivants* (culture sur gélose de 24 ou 48 heures, macérée dans 5$^{cm^3}$ d'eau physiologique, à 37°, pendant 2 à 4 jours), employé après centrifugation et stérilisation par l'éther ou le chloroforme, a donné, aux doses ci-dessus, des résultats aussi bons que les vaccins I, II et III. L'immunité a persisté pendant 3 à 6 mois. Trois injections ont été nécessaires. Les phénomènes morbides (fièvre, douleur, réaction locale) provoqués chez les animaux ont été insignifiants.

VII. On a employé comme vaccin une culture en bouillon de 24 heures, additionnée de 1 pour 100 d'ammoniaque, et autolysée pendant 48 heures à 37°, en vase clos. Le liquide a ensuite été neutralisé par un courant de CO^2, puis centrifugé. Ce milieu n'a pas immunisé suffisamment les cobayes.

VIII. La *vaccination par absorption digestive* de bacilles vivants, même en très forte quantité, n'a amené aucune immunité générale. L'immunité intestinale n'a pas été appréciée; peut-être n'a-t-elle pas ici l'importance que Cloetta a constatée pour certains poisons chimiques.

En résumé, on peut conclure que c'est le bacille vivant, en culture de 24 heures ou même plus âgée (10 jours), qui donne au cobaye l'immunité la plus solide. La macération de bacilles vivants, centrifugée et stérilisée ensuite par l'éther ou le chloroforme, est également très vaccinante. L'utilisation, comme antigène, d'une culture de 24 heures, tuée par la chaleur à 55°, pendant 1 heure, confère également une bonne protection aux animaux. Le vaccin sensibilisé donne une immunité satisfaisante, mais moins prolongée. Les autres vaccins expérimentés ont été moins actifs.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Étiologie de la congestion intestinale du cheval.* Note de M. **H. Carré**, présentée par M. E. Roux.

On range parmi les maladies du tube digestif, chez le cheval, une entité morbide assez bien caractérisée, cliniquement, par l'injection intense des muqueuses et des coliques d'une extrême violence survenant brusquement, le plus souvent, sur des animaux surmenés par un travail excessif. Les lésions sont caractéristiques : le cæcum et le gros intestin, plus particulièrement lésés, sont rouge foncé, la muqueuse désorganisée est transformée en un caillot rouge noirâtre; le foie peut avoir l'aspect cuit, la rate grosse, molle, noire sur la coupe. L'insertion des vaisseaux sur l'intestin est noyée dans un œdème parfois très abondant, sanguinolent. L'estomac et l'intestin grêle sont parfois seuls lésés, ensemble ou séparément. L'urine peut être plus ou moins foncée et même acquérir la teinte marc de café. Le cœur est jaune, friable. L'endocarde gauche est parsemé de nombreuses hémorragies sous-séreuses; les valvules présentent des végétations fibrineuses, indice d'une inflammation toute récente (Petit).

Actuellement deux hypothèses sont en présence, concernant l'étiologie de cette affection.

I. La première en date, émanant de Bollinger, accuse la thrombose des artères coliques par un caillot émanant d'un anévrisme vermineux de la grande mésentérique (action toute mécanique et notoirement insuffisante pour expliquer les lésions d'intoxication générale).

II. MM. Petit et Lignières reconnaissent qu'il est impossible d'expliquer la genèse de ces lésions autrement que par l'action d'une toxine microbienne. Lignières place dans la muqueuse intestinale l'origine de cette sécrétion toxique due à un microbe encore hypothétique.

Éclairé par mes précédentes recherches sur le bacille de Preisz-Nocard dans certaines affections du mouton (*Revue générale de Médecine vétérinaire*, 1er avril 1908 et 15 janvier 1910), j'ai pu facilement constater l'agent spécifique de la congestion intestinale du cheval.

Il suffit de parcourir les relations d'autopsie des moutons morts des *eaux rousses*, cachexie aiguë de Delafond, *mal rouge*, etc., ou tués par la toxine du bacille de Preisz-Nocard, pour constater l'identité absolue de ces lésions et celles qu'on rencontre chez le cheval mort de congestion intestinale.

Les moutons morts de la maladie naturelle ne m'avaient pas permis jusqu'alors de constater avec certitude le lieu de culture du microbe.

Tout récemment, deux agneaux, envoyés d'une bergerie infectée, me parvinrent mourants. Sacrifiés, ils montraient toutes les lésions des *eaux rousses* et le sang du cœur me donna une culture pure du bacille de Preisz-Nocard.

Je fus assez heureux pour avoir de suite, à ma disposition, quatre chevaux atteints de coliques violentes.

Ces chevaux furent saignés à la jugulaire et leur sang fut ensemencé largement en bouillon.

Deux chevaux guérirent; leur sang se montra stérile.

Les deux chevaux qui moururent firent voir les lésions typiques de la *congestion intestinale* sur le tube digestif et sur le cœur.

Le sang de ces deux animaux me donna une culture du bacille de Preisz-Nocard.

I. La *congestion intestinale* du cheval n'est pas une affection du tube digestif; c'est une infection générale de l'organisme surmené, par le bacille de Preisz-Nocard et les lésions constatées sont dues au poison sécrété par ce microbe.

II. Le terme de *congestion intestinale* est inexact; la lésion intestinale peut être insignifiante ou même faire totalement défaut, l'action tonique n'étant plus traduite que sur l'estomac et le cœur.

GÉOLOGIE. — *Les Algues calcaires du groupe des* Girvanella *et la formation des oolithes.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. Michel Lévy.

En 1878, H.-A. Nicholson et R. Etheridge [1] signalèrent, dans le Calcaire silurien de Girvan (Écosse), des tubes microscopiques flexueux ou contournés, à section circulaire, formant des masses compactes libres, auxquelles ils donnèrent le nom de *Girvanella problematica*. Parfois répandues en grand nombre dans certaines roches primaires et secondaires,

[1] H.-A. Nicholson and R. Etheridge jun., *A Monograph of the silurian Fossils of the Girvan District, in Ayrshire*, t. I, 1878, p. 21 et 24, *Pl. IX, fig.* 24.

les *Girvanella* ont été successivement identifiées à des Rhizopodes, à des Stromatopores, puis à des Spongiaires; de nos jours, elles sont généralement considérées comme des Algues calcaires.

Dès 1885, leur présence était reconnue dans des oolithes calcaires par M. H.-M. Seely [1]. A partir de 1889, l'attention fut souvent appelée sur ces singuliers organismes, et notamment par M. Wethered qui étudia dans plusieurs Mémoires les rapports des *Girvanella* avec les oolithes et les pisolithes calcaires. La principale conclusion des belles recherches de ce savant peut se résumer en ceci : les oolithes et les pisolithes calcaires ne sont pas des concrétions, mais des corps résultant de la croissance et de l'enroulement des tubes de *Girvanella* autour de grains de nature organique ou minérale.

La découverte d'une multitude de *Girvanella* dans les oolithes ferrugineuses des minerais siluriens de La Ferrière-aux-Étangs (Orne) et les conditions d'étude exceptionnellement favorables qu'elles y présentent m'ont tout naturellement conduit à vérifier la thèse de M. Wethered.

Les *Girvanella* des minerais de fer se présentent sous forme de tubes très déliés, vermiformes, repliés sur eux-mêmes, pelotonnés et sans exception inclus dans les oolithes. Quelle que soit la composition de celles-ci, les *Girvanella* sont toujours fossilisées par de la sidérose très pure ou faiblement souillée par de l'hématite rouge. Les oolithes qui les englobent étant le plus souvent hématisées, il en résulte que les Algues se détachent en clair sur un fond brun opaque et que les relations entre les deux parties en présence sont d'une netteté incomparable. De pareils éléments permettent de fixer avec la plus grande précision ce qui appartient en propre aux corps oolithiques et ce qui revient aux organismes qu'ils emprisonnent.

D'une manière générale, les tubes de *Girvanella* abondent à la périphérie des oolithes; leur fréquence diminue graduellement vers l'intérieur, et un petit nombre seulement en atteignent le centre. Tout une série de faits établissent l'indépendance absolue de la structure concentrique des oolithes de la présence de ces tubes :

1° Il apparaît évident au microscope que les *Girvanella* interrompent ou détruisent complètement la structure des oolithes. On voit, par exemple, des lignes concentriques brunes très fines s'arrêter net à la rencontre d'une large section transversale de *Girva-*

---

[1] H.-M. Seely, *A new Genus of Chazy Sponges, Strephochetus* (*Am. Journ.*, 3e série, t. XXX, 1885, p. 355-357).

nella ; on voit encore de gros tubes cheminer entre des couches concentriques, puis se replier brusquement pour accomplir un long parcours radial, sur lequel toutes les zones sont invariablement coupées. Tel tube qui traverse une oolithe, suivant une ligne des plus capricieusement ondulées, ne se confond nulle part avec une des enveloppes concentriques. Notons encore que, dans de nombreuses sections d'oolithes qui se résolvent en un véritable feutrage d'Algues, il est toujours impossible de dévoiler la moindre trace de structure zonaire. Bref, la structure concentrique des oolithes ferrugineuses s'efface d'autant plus que les *Girvanella* se multiplient.

2° Les noyaux oolithiques envahis par les *Girvanella* ne laissent jamais reconnaître la plus petite trace de structure zonaire, et cependant les Algues y sont représentées à tous les états de fréquence. Les tubes les traversent en tous sens, les détruisent pour en prendre la place et parfois même ne pénètrent pas du tout dans la partie de l'oolithe caractérisée par une structure concentrique.

3° Enfin le diamètre des tubes de *Girvanella*, si réduit qu'il puisse être, dépasse toujours de beaucoup l'épaisseur des zones concentriques les moins fines : c'est dire que toute confusion, entre les unes et les autres, est impossible.

De l'analyse détaillée des oolithes à *Girvanella* il ressort avec évidence qu'on ne peut expliquer l'origine des corps oolithiques par un enroulement de tubes. Les *Girvanella* ne construisent pas d'oolithes et travaillent au contraire à les détruire. Toute oolithe qui en renferme est en quelque sorte parasitée et condamnée à la perte complète ou partielle de sa caractéristique la plus essentielle, sa structure concentrique. En réalité les *Girvanella* des minerais de fer sont des *Algues perforantes*, fixées dans les oolithes à la manière de *parasites*.

On s'explique ainsi la prédominance des tubes dans la région périphérique des oolithes et leur existence dans certains noyaux oolithiques, c'est-à-dire dans des corps de nature variée et dépourvus de structure concentrique. Cette opinion, seule, rend compte de la différence de composition minérale des tubes et de la grande majorité des oolithes et enfin du contraste si frappant entre l'extrême finesse et la régularité des zones concentriques d'une part, la grosseur, le calibre éminemment variable et le dessin si irrégulier des tubes d'autre part.

J'ai étendu mes observations aux oolithes calcaires à *Girvanella*, sans noter le moindre fait qui en restreigne la portée générale ; elles sont, au même titre que les oolithes ferrugineuses, des oolithes parasitées.

Il suffit, d'ailleurs, pour se convaincre que l'ingénieuse explication de M. Wethered n'est pas fondée, de réfléchir à ce fait que l'enroulement d'un tube sur lui-même ne saurait jamais engendrer une masse sphérique, ovoïde ou ellipsoïdale, caractérisée par une structure concentrique.

Ces raisons, et beaucoup d'autres que je ne puis exposer dans cette Note, concourent à démontrer que les *Girvanella* et toutes les Algues calcaires du même type sont absolument étrangères à la genèse de la structure oolithique.

La séance est levée à 4 heures et demie.

PH. V. T.

ERRATA.

—

(Séance du 24 janvier 1910.)

Note de M. *P. Helbronner*, Sur les jonctions de la chaîne méridienne de Savoie avec la triangulation fondamentale italienne et suisse :

Page 209, le Tableau doit être reporté page 210 après la 16e ligne.

Page 210, après la ligne 7, *lisez :*

Triangulation italienne = 21 818^{m},30. — Chaîne méridienne de Savoie = 21 818^{m},60.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 FÉVRIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation du Décret en date du 5 février portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. Adolphe von Baeyer pour occuper une des places d'Associé étranger créées par le Décret du 1er décembre 1909.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Président** donne lecture de la dépêche suivante :

Au Président de l'Institut de France, à Paris,

L'Académie royale des Lincei n'a pas oublié la très vive part prise l'an passé par votre illustre Institut au terrible désastre qui frappa l'Italie méridionale. Dans sa séance d'hier, elle m'a chargé à l'unanimité de vous transmettre ses profondes condoléances pour le grand fléau qui a affligé et désolé une grande partie de la France, avec son admiration pour l'exemple de force d'âme qui a été donné en d'aussi graves circonstances.

Le Président,
Blaserna.

SISMOLOGIE. — *Sismographe à colonne liquide.* Note de M. **G. Lippmann**.

C'est un sismographe auquel on peut donner une durée d'oscillation telle que les courbes qu'il trace n'aient plus besoin d'être réduites. Un tube T, plein d'eau, débouche à chaque extrémité dans un bassin B contenant le

même liquide. L'équilibre hydrostatique s'établit dans ce système, qui n'est autre qu'un niveau d'eau de grandes dimensions.

L'équilibre de la colonne liquide serait indifférent si la section du bassin B était infiniment grande par rapport à celle du tube T; et l'instrument serait alors théoriquement parfait. En réalité il n'en est pas ainsi; l'équilibre est stable; et quand il a été troublé par une secousse, il se rétablit par une série d'oscillations; l'appareil constitue donc un pendule liquide dont la période d'oscillation est T. Cette période d'oscillation propre joue ici le même rôle que dans le cas du pendule solide; il importe qu'elle soit aussi grande que possible par rapport à la durée des mouvements sismiques [1]. Cette condition, très difficile à réaliser pratiquement avec les pendules solides, est au contraire réalisable facilement et sans réglage avec l'appareil à colonne liquide.

Pour nous en assurer, calculons T en fonction des dimensions de l'appareil. Soient s la section du tube T, S la section de chacun des bassins B. Quand le liquide du tube T subit un déplacement égal à 1, la dénivellation dans les bassins B est égale à $\frac{2s}{S}$; la pression qui en résulte est égale à $\frac{2s}{S}g$. Il s'ensuit que l'on a

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\frac{S}{2s}}.$$

T ne dépend donc que des dimensions de l'appareil : aucun réglage n'est nécessaire, aucun déréglage appréciable ne peut se produire.

D'ailleurs on peut arriver à une valeur notable, avec un appareil de dimensions modérées. On obtient, par exemple, les valeurs suivantes de T :

l.	s.	S.	T.
m	cm²		s
1	4	4 dm²	14,14
1	4	1 m²	68
4	4	1 m²	141,4

La partie hydraulique du système peut être construite très grossièrement par un plombier. Il reste à examiner le mode d'inscription du mouvement

---

(1) M. Lo Surdo a proposé un *accéléromètre* constitué par une colonne de mercure et qui avait une période d'oscillation extrêmement courte, $\frac{1}{10}$ de seconde, et qui obéirait aux tremblements de terre très forts qui se produisent en Italie. Nous nous proposons ici d'inscrire de très faibles déplacements et non de fortes accélérations.

du liquide : ici, il est nécessaire d'employer un petit équipage léger et délicatement suspendu.

Un disque de mica très mince forme piston à l'extrémité du tube : il suit les mouvements de l'eau et communique ses déplacements à un miroir mobile qui sert à l'inscription photographique.

Le disque de mica et le miroir sont portés par un fil de métal mince, vertical, et soutenu par un fil de quartz; le disque de mica est excentré de manière que ce petit équipage forme balance de torsion. Pour éviter tout frottement, le piston en mica ne touche pas la paroi du tube; l'obturation est donc incomplète. Néanmoins, à cause de la faiblesse de la masse mobile (poids total : quelques décigrammes), et de la faible torsion du fil de quartz, le piston n'oppose qu'une très faible résistance au mouvement, et il le suit sans qu'aucune fuite d'eau notable puisse se produire.

Si l'on tenait à remplacer l'inscription photographique par l'inscription mécanique, il faudrait, en raison du frottement du style inscripteur qui intervient alors, augmenter la masse liquide en augmentant ensemble les volumes de s et de S.

Les pendules sismographiques solides ne permettent pas, comme l'appareil à liquide, d'accroître à volonté la période T. Il paraît qu'en général on se contente de faire T égal à 10 ou 12 secondes. Sans doute on peut amener T, par un réglage soigné, à valoir 20 et même 30 secondes. Mais l'appareil devient alors extraordinairement sensible à toute perturbation, thermique ou autre, qui change la position apparente de la verticale : le déplacement horaire du Soleil, l'approche de l'observateur changent la sensibilité et déplacent la position d'équilibre. En appelant α l'angle de l'axe de rotation avec la verticale, T^2 est proportionnel à $\frac{1}{\alpha}$ et, par conséquent, $\frac{d(T^2)}{d\alpha}$ est proportionnel à $\frac{1}{\alpha^2}$; c'est-à-dire que ce coefficient, qui mesure la sensibilité de l'appareil aux variations de α, devient un infiniment grand du second ordre quand on fait tendre α vers zéro. C'est pour cette raison que Hecker, dans des recherches récentes, a dû installer son pendule horizontal non dans une cave, mais dans une mine, à 1000^m de profondeur.

L'appareil à liquide n'aurait pas le même défaut. D'abord sa période est invariable : elle ne dépend que de ses dimensions. Ensuite une variation lente de la verticale ne s'inscrirait pas sur la feuille photographique. En effet, le piston de mica n'est pas étanche ; il permet donc une fuite d'eau qui diminue légèrement les indications de l'appareil quand les mouvements de la colonne liquide sont brusques. Au contraire, quand ces mouvements sont dus au déplacement horaire du Soleil, la palette de mica n'est plus

sensiblement entraînée, car, la fuite durant maintenant des heures entières, elle suffit à maintenir l'égalité de pression des deux côtés du mica. Le sismographe à colonne liquide ne peut donc indiquer les changements lents de la verticale ; il n'en est que plus commode à employer pour mesurer les déplacements rapides de la croûte terrestre.

M. B. Baillaud présente, au nom de M. Cosserat, le Tome VI des *Annales de l'Observatoire de Toulouse :*

En présentant à l'Académie le Tome VI des *Annales de l'Observatoire de Toulouse*, consacré aux taches du Soleil, je tiens à signaler le travail considérable qu'a demandé l'élaboration de ce Volume, qui est essentiellement l'œuvre de M. Montangerand.

Des 5718 positions, obtenues par la méthode de Carrington, qui sont discutées dans ce Volume, 2805 ont été observées, de 1879 à 1884, par MM. Bigourdan, Perrotin, Jean, Rey, Saint-Blancat; 2895, de 1884 à 1887, par M. Montangerand, et 18, à la fin de 1887, par M. Cosserat.

M. Saint-Blancat a revisé une partie des données; MM. Jean, Rey et Montangerand ont fait une fois les réductions; M. Montangerand les a faites lui-même une seconde fois. Les résultats de ces longs et pénibles calculs constituent la première Partie du Volume.

La seconde Partie contient la discussion minutieuse des taches, donnant pour chacune d'elles la valeur angulaire de la vitesse de rotation.

M. Montangerand se réserve de faire ultérieurement une discussion d'ensemble des résultats obtenus.

La publication de ce Volume a été assurée en partie par des subventions de M. le vicomte de Salignac-Fénelon, déjà signalé à l'Académie comme un des généreux donateurs de l'Observatoire du Pic du Midi.

MM. Baillaud, Cosserat et Montangerand sont particulièrement heureux de saisir l'occasion qui s'offre à eux d'exprimer à M. de Salignac-Fénelon leur profonde reconnaissance.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1910.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Mathématiques : *Grand Prix des Sciences mathématiques, prix Fran-*

cœur, prix Poncelet. — MM. Jordan, Poincaré, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Maurice Levy, Darboux, Boussinesq.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Alfred Picard, Vieille.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Bordin* pour l'année 1913.

Mécanique : *Prix Montyon, Fourneyron.* — MM. Maurice Levy, Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Poincaré.

Ont ensuite obtenu le plus de suffrages : MM. Bertin, Villard.

Navigation : *Prix extraordinaire de la Marine, Plumey.* — MM. Maurice Levy, Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille.

Astronomie : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen.* — MM. Wolf, Radau, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Darboux, Lippmann, Poincaré.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Appell.

Géographie : *Prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau.* — MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Ph. van Tieghem, Perrier, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Lacroix.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Gay* pour l'année 1913.

Physique : *Prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin.* — MM. Lippmann, Violle, Amagat, Gernez, Bouty, Villard, Maurice Levy, Cailletet, Poincaré.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Boussinesq.

Chimie : *Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert.* — MM. Troost, Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Roux.

Botanique : *Prix Desmazières*, *Montagne*, *De Coincy*, *De la Fons-Mélicocq*, *Bordin* (*Sciences physiques*). — MM. Bornet, Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Ph. van Tieghem, Perrier, Chatin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, le prince Roland Bonaparte.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant, transmis par Mme Charcot :

De Punta Arenas.

Je crois avoir rempli, dans la mesure de mes moyens, le problème scientifique que nous avait donné l'Académie des Sciences. Après un échouage grave, nous avons continué vers le Sud-Ouest le lever de la côte des Terres Antarctiques, commencé lors de notre expédition précédente, jusqu'à l'île Adélaïde, île très curieuse, longue de 130km. Au Sud, nous avons découvert un vaste golfe et relevé 120 milles de terres nouvelles.

Nous avons ensuite atteint la terre Alexandre Ier, qui était le but principal de notre expédition, et autour de laquelle les glaces sont très abondantes et la côte accore sans mouillage. Revenant alors dans le Nord, nous avons hiverné à l'île Petermann. L'hiver a été relativement doux, mais pénible. Le temps était affreux, nous avons fait des avaries et avons eu plusieurs malades qui sont maintenant tous rétablis. Les excursions ont été nombreuses et intéressantes, surtout sur les glaciers.

La deuxième campagne comprend des travaux aux Shetlands du Sud, notamment aux îles Déception et Bridgmau. Puis route au Sud, découvert île nouvelle et retrouvé île Pierre Ier. Avons navigué entre le 69° et le 71° de latitude jusqu'au 126° longitude Ouest.

Avions rêvé davantage. Avons fait du mieux possible.

Signé : Charcot.

M. **J.-D. van der Waals**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

Sir **Patrick Manson**, élu Correspondant pour la Section de *Médecine et Chirurgie*, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui remplacera, au Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, M. *Bouquet de la Grye*, décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Le navire aérien*, par M. L. Marchis.

2° *Pour la race. Notre soldat, sa caserne*, par M. Lachaud. (Présenté par M. Lannelongue.)

3° *L'évolution économique de la brasserie française*, par Jehan Charlie. (Présenté par M. A. Müntz.)

4° *La soude électrolytique : théorie, laboratoire, industrie*, par M. André Brochet. (Présenté par M. A. Haller.)

M. **Alfred Angot**, M. le Capitaine de vaisseau Marquis **de Fraysseix-Bonnin**, prient l'Académie de les comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de *Géographie et Navigation*, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations de la comète* 1910 *a dite* comète Innes. Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les observations, et quelques dessins que j'ai pu faire récemment de la comète 1910 *a*, découverte à Johannersburg le 16 janvier dernier.

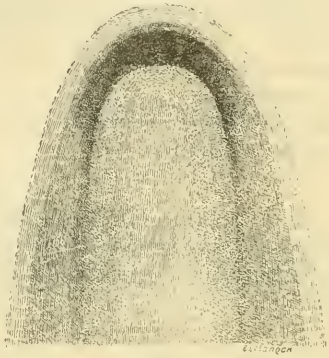
Le temps à Bordeaux a été particulièrement défavorable, et je n'ai pu réaliser au grand équatorial de l'Observatoire que cinq observations complètes et dans de bonnes conditions ; le 22 et le 23 janvier, les 30 et 31 janvier, et enfin le 9 février. Entre le 22 et le 30 janvier la comète a subi des modifications considérables de forme, indépendamment de la diminution très rapide d'éclat.

La figure 1 représente la comète (région de la tête) sous l'aspect qu'elle présentait le 22 et le 23 janvier. Le noyau est très brillant; son diamètre est de 15″ environ. De chaque côté du noyau et normalement à la direction générale de la queue, semblent s'échapper deux courants de matière nébuleuse dont la trajectoire, presque rectiligne à la base, comme si la matière était projetée avec force, s'infléchit ensuite rapidement pendant que l'éclat diminue graduellement. A la base même, la luminosité de ces deux courants est presque comparable à celle du noyau. L'aspect de la comète rappelle fortement celui de la comète Daniel (1907 *d*) vers le 26 août 1907 [1]. Le 22 janvier la

[1] *Comptes rendus*, 8 janvier 1908, et *Bulletin astronomique*, mars 1908.

comète 1910 *a* se trouvait à la distance 0,25 environ du Soleil, la queue faisant avec la direction Comète-Terre un angle d'environ 96°.

Fig. 1. — 22 janvier 1910.



Le 30 janvier l'aspect de la comète (*fig.* 2) est entièrement changé. L'éclat général a considérablement diminué; le noyau est très vif, *d'aspect stellaire*, c'est-à-dire très bien délimité, son diamètre de 3″ à 4″ environ.

Fig. 2. — 30 janvier 1910.

Les deux courants de matière nébuleuse observés le 22 janvier ont disparu pour faire place à une sorte de nébulosité circulaire, excentrique par rapport au noyau et

dont l'éclat va en se dégradant à partir de celui-ci. A cette date la comète se trouve à la distance 0,55 du Soleil et la queue fait avec la direction Comète-Terre un angle de 133°. Observée à l'œil nu, la queue, très pâle, paraît très longue, atteignant 25° de longueur apparente.

Le 9 février, malgré un ciel très pur, la queue n'était plus visible. Dans l'instrument, la comète apparaissait sous la forme d'une nébulosité circulaire de faible éclat; le noyau avait perdu la si extraordinaire netteté qu'il présentait le 30 et le 31 janvier.

On voit qu'en quelques jours la comète a subi des transformations considérables, principalement du 23 au 30 janvier; mais la nature même de son orbite paraît y avoir joué un rôle.

Dans les transformations apparentes que présentent les comètes, deux sortes d'éléments sont à considérer. En premier lieu ceux qui tiennent aux transformations réelles se produisant au sein de l'astre même; en second lieu ceux qui correspondent aux manières diverses dont l'astre se présente successivement aux yeux de l'observateur. En ce qui concerne la comète 1910 *a*, les variations de l'angle de la queue avec le rayon visuel (Comète-Terre) ont été considérables (96° le 22 janvier, 133° le 30 janvier). Or une telle variation entraîne nécessairement de grandes modifications d'aspect, au point que, ainsi qu'il résulterait d'un calcul facile et toutes choses égales d'ailleurs, une comète présentant primitivement l'aspect indiqué par la figure 1 pourrait arriver, par ce seul fait, à prendre l'aspect de la figure 2. Il n'est pas douteux que des transformations réelles et considérables se sont produites au sein même de la comète 1910 *a* dans la période du 22 au 30 janvier; mais une part importante des modifications observées (surtout quant à la forme et indépendamment de la diminution d'éclat) doit être certainement attribuée à la façon dont elle s'est diversement et successivement présentée à nous durant cette même période.

Le 30 et le 31 janvier j'ai pu faire des observations de position dans d'excellentes conditions : ciel pur, temps calme, images stables, avec des étoiles de comparaison très voisines de la comète, en déclinaison; de plus, le noyau était très net. Le 9 janvier, le ciel présentait bien les mêmes qualités, mais l'étoile de comparaison était moins favorable. Voici ces observations :

Dates. 1910.	Étoiles.	Temps moyen de Bordeaux.	$\Delta\alpha$.	$\Delta\delta$.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Janvier 30....	*a*	6.15.41,9	−1.54,53	+5.10,9	16:4
» 31....	*b*	6. 3.24,0	−4.25,72	+1.19,3	16:4
» 31....	*b*	6.37.34,1	−4.22,35	+0.17,9	8:2
Février 9....	*c*	6.33. 3,6	+0.49,44	−5.19,7	3:2

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1910,0.

★.	Catalogues.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
a...	7567 A. G. Albany	21.35.11,09	−1,88	88.16. 4,1	+10,6
b...	7592 A. G. Albany	21.40.10,86	−1,87	87.34.55,6	+10,6
c....	11022 A. G. Leipzig II	21.51.50,10	−1,82	82.52.22,5	+10,9

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1910.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s		° ′ ″	
Janvier 30.....	21.33.14,68	$+\bar{1},618$	88.21.25,6	−0,793
» 31.....	21.35.43,27	$+\bar{1},614$	87.36.25,5	−0,792
» 31.....	21.35.46,64	$+\bar{1},624$	87.35.24,1	−0,795
Février 9.....	21.52.37,72	$+\bar{1},629$	82.47.13,7	−0,792

ASTRONOMIE. — *Sur la figure de la grande comète* 1910*a*. Note de M. **J.-Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

J'ai pu observer cette comète pour la première fois le 19 janvier, à 4^h, partant en plein Soleil. A l'équatorial on voyait le noyau, très brillant, avec deux branches nébuleuses un peu inégales, qui en se recourbant formaient le commencement de la queue. Après le coucher du Soleil, la comète fut invisible à l'œil nu comme à la jumelle, et je n'ai pu apercevoir la queue.

Le 20, tout le monde a pu la voir à l'œil nu, après le coucher du Soleil. J'obtins ce jour-là une photographie, à l'équatorial double Mailhat de 38^{cm} de l'Observatoire Fabra, avec 6 secondes de pose, suffisante pour bien donner la forme et les dimensions apparentes de la tête.

La queue a été toujours bifurquée, comme si le noyau faisait écran à la répulsion des gaz. Quant à sa longueur elle a été toujours énorme, et je pense qu'elle a atteint plus de 50°. Vers le 25 janvier, on croyait la voir traverser le carré de Pégase, et la lumière zodiacale gênait l'observation de son extrémité.

La comète a été photographiée tous les jours où le temps l'a permis, pendant la période de son plus grand éclat : la durée utile de pose a été jusqu'à 22 minutes (rapport de l'ouverture à la distance focale : $\frac{1}{10}$). Dans ces circonstances de pose relativement longue, et en employant les excellentes plaques Lumière *violettes*, de sensibilité extrême, j'ai pu obtenir de belles images, très instructives par rapport aux nervures, aigrettes, etc. de la queue. Ces détails sont très délicats et échappent à la reproduction typographique.

Le but principal de cette Note est d'étudier la figure de la comète.

D'abord, à l'œil nu, on voyait parfaitement la forme courbée de la partie

principale de la queue, dont la courbure était surtout accusée vers son extrémité. La convexité de cette partie principale était dirigée, comme d'habitude, vers l'avant, par rapport au mouvement propre de la comète. Cette partie principale a été toujours bifurquée et a présenté quantité de détails très intéressants.

Mais je veux surtout appeler l'attention sur la partie gauche, ou queue secondaire, beaucoup plus pâle que l'autre, quoique beaucoup plus large près de la tête, et qui se continuait *au delà* du noyau, c'est-à-dire vers le Soleil.

Cette courbure, comme on le voit dans les clichés, est *concave* par rapport au sens du mouvement.

Si nous admettons, ce qui paraît très logique, que les queues cométaires sont constituées, au moins en grande partie, par un déplacement rapide des substances émanées du noyau, sous un effort impulsif agissant suivant le rayon vecteur du noyau, la queue secondaire concave n'est pas compréhensible.

Pour expliquer cette anomalie, je suppose que la force répulsive décroît à mesure que la distance augmente, mais plus rapidement que l'attraction newtonienne. Dans ces conditions, une particule gazeuse sera soumise au moins à la force attractive du Soleil, à la force attractive du noyau (faible sans doute, mais qui n'est pas négligeable dans une grande comète comme celle-ci) et à la force répulsive du Soleil. Je suppose, avec Faye, que cette force répulsive, due au Soleil, dépend de la surface de la particule repoussée. Cette répulsion étant prépondérante dans le noyau, pour certains gaz, donnera lieu à la queue principale, convexe par rapport au sens du mouvement. A une certaine distance du noyau, les forces se feront équilibre pour les particules de nature déterminée; la vitesse de ces particules sera maxima en ce point et, à partir de là, leur mouvement ira en se ralentissant jusqu'à l'extrémité théorique de la queue relative à ces mêmes particules, où celles-ci commenceront de tomber vers le Soleil.

La plupart de ces particules, les plus petites, celles dont la masse est la plus faible, ne pourront tomber jusqu'au Soleil et seront disséminées dans l'espace; mais celles qui appartiennent à des gaz de poids atomique considérable seront projetées jusqu'à une distance relativement faible du noyau, et tomberont, en passant, dans leur chute, assez proche de lui pour subir son attraction et se précipiter vers ce noyau; cette chute donnerait lieu à des trajectoires concaves par rapport *au mouvement de la comète et à sa queue secondaire.* Les particules considérées pourraient arriver juste au noyau et être projetées à nouveau vers la queue première; mais la comète, pendant ce

voyage des particules, s'est déplacée, s'est éloignée du Soleil; par l'effet de ce déplacement, les particules, en arrivant au noyau, porteront un excès de force vive, qui les emportera plus loin, et telle serait la cause de la protubérance nébuleuse qui s'avance, obliquement, du *noyau vers le Soleil*. Dans l'autre partie de l'orbite (avant le périhélie), cette queue ne devrait pas arriver jusqu'au noyau. En tout cas, cette différence pourrait constituer un contrôle de mon hypothèse; un autre contrôle serait une différence de constitution chimique entre la queue secondaire ou de chute et la queue primaire, à de grandes distances du noyau.

En admettant que toutes les forces que j'ai indiquées entrent en jeu dans la formation de la queue, et en appelant r la distance au Soleil d'une particule ou molécule gazeuse de la queue, et v le rayon vecteur du noyau de la comète, l'accélération α de cette molécule le long de la queue pourra se représenter sensiblement, en négligeant le mouvement angulaire de la comète autour du Soleil, par

$$\alpha = \frac{\mu''}{r^m} - \frac{\mu'}{(r-v)^2} - \frac{\mu}{r^2},$$

μ et μ' étant des constantes dépendant respectivement des masses du Soleil et de la comète, et μ'' une autre constante dépendant de la force répulsive et de la relation de la surface à la masse de la molécule; enfin m peut être supposé constant et doit, je pense, être supérieur à 2.

En mesurant, sur des photographies et en plusieurs points de la queue, l'accélération approchée des bouffées de matière cométaire, on pourrait évidemment déterminer la valeur de ces inconnues; malheureusement, cette grande comète *a* 1910 ne s'est pas prêtée à de telles mesures.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1910*a*, *faites à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes de* $0^m,16$ *d'ouverture libre*. Note de M. **Borrelly**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	$\Delta\mathfrak{R}$.	$\Delta\mathfrak{D}$.	Nombre de comp.	$\mathfrak{R}$ apparente.	Log. fact. parall.	$\mathfrak{D}$ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avr. 4.....	6.12.53	−1. 7,26	− 5.12,6	6:6	21.44.11,15	+$\bar{1}$,627	85. 7.26,3	−0,771	*a*
» 5.....	6.16.28	+8.19,32	− 7.10,2	2:2	21.46. 2,77	+$\bar{1}$,629	84.36.49,4	−0,771	*b*
» 5.....	6.26. 2	−0.11,57	− 2.40,1	5:5	21.46. 3,40	+$\bar{1}$,630	84.36.20,2	−0,772	*c*
» 7.....	6.18.22	−0. 0,59	+ 5.25,4	7:7	21.49.25,53	+$\bar{1}$,632	83.39.13,7	−0,770	*d*
» 8.....	6.23. 3	−0.55,41	+ 1.31,0	5:5	21.51. 3,57	+$\bar{1}$,633	83.12.45,7	−0,771	*e*
» 10.....	6.25.51	−2.34,97	+13.19,9	5:5	21.54. 4,46	+$\bar{1}$,634	82.24. 3,0	−0,772	*f*
» 11.....	6.28.10	−1.10,31	− 9.11,0	4:4	21.55.29,11	+$\bar{1}$,635	82. 1.31,2	−0,773	*g*

Étoiles de comparaison pour 1910,0.

★	Gr.	℞ moyenne.	Réduction au jour.	℗ moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.....	7,6	21.45.20,23	−1,82	85.12.28,2	+10,7	7624 Albany A. G.
b.....	5,5	21.37.45,30	−1,85	84.43.48,7	+10,9	10886 Albany A. G.
c.....	8,5	21.46.16,82	−1,85	84.38.49,4	+10,9	10968 Albany A. G.
d.....	6,6	21.49.27,95	−1,83	83.33.37,5	+10,8	11000 Albany A. G.
e.....	8,5	21.52. 0,81	−1,83	83.11. 3,9	+10,8	11023 Albany A. G.
f.....	6	21.56.41,24	−1,81	82.10.32,2	+10,9	11071 Albany A. G.
g.....	6	21.56.41,24	−1,82	82.10.32,2	+10,9	11071 Albany A. G.

Remarques. — Le 7 février, l'éclat de la comète est de plus en plus faible; on ne la voit apparaître qu'après les étoiles de 8e grandeur. Le 10 février, on l'estime 8e,5; elle est presque ronde et son diamètre mesure 2′,5. On ne voit plus de queue. On a adopté 8″,80 pour la valeur de la parallaxe solaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la définition de l'intégrale définie.* Note de M. **Émile Borel.**

La lecture de l'important Mémoire que vient de publier M. Lebesgue [1] m'a suggéré une nouvelle définition de l'intégrale définie, au sens de Lebesgue; cette nouvelle définition est, avec la définition de M. Lebesgue, à peu près dans le même rapport que la définition que j'ai donnée de la mesure des ensembles avec celle de M. Lebesgue : les deux définitions sont identiques en ce sens que (en négligeant des cas exceptionnels) elles s'appliquent en même temps et conduisent aux mêmes nombres; elles sont différentes, en ce sens qu'elles exigent des procédés de calculs différents, de sorte que, suivant les circonstances, l'une peut être plus commode à utiliser que l'autre.

Mon but est de rattacher le plus étroitement possible l'intégrale au sens de Lebesgue à l'intégrale au sens de Riemann. On sait que la définition de Riemann est étendue, par un raisonnement classique, à des fonctions admettant un point singulier; je modifie légèrement la méthode classique; soient ab l'intervalle d'intégration, c le point singulier compris entre a et b. On enfermera c dans un petit intervalle $\alpha\beta$, et l'on considérera n points de

[1] *Sur les intégrales singulières* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1909).

division $a_1, a_2, \ldots, a_n$ compris entre a et b et non compris entre α et β; parmi les intervalles ainsi obtenus, l'un $a_i a_{i+1}$ renferme $\alpha\beta$ à son intérieur; dans le calcul de la somme de Riemann, on considérera comme longueur de cet intervalle la *différence* entre le segment $a_i a_{i+1}$ et le segment $\alpha\beta$, et l'on utilisera la valeur de la fonction pour un point ξ_i intérieur au segment $a_i a_{i+1}$, mais non intérieur à $\alpha\beta$. Si la somme de Riemann tend alors vers une limite, *quel que soit l'intervalle* $\alpha\beta$ *pourvu qu'il satisfasse à la condition essentielle de renfermer* c *à son intérieur*, et si cette limite tend elle-même vers une limite quand $\alpha\beta$ tend vers zéro, la fonction est intégrable au sens de Riemann, malgré la présence du point singulier c. Tel est le cas pour la fonction $|x|^{-\frac{1}{2}}$.

Considérons maintenant une fonction admettant une infinité de discontinuités entre a et b, et supposons qu'on puisse les enfermer dans une infinité d'intervalles $\alpha_n\beta_n$ tels que la définition précédente puisse être appliquée *mutatis mutandis*. Si, quels que soient ces *intervalles d'exclusion*, les sommes de Riemann construites comme il a été dit tendent vers une limite lorsque les longueurs des intervalles $a_i a_{i+1}$ tendent vers zéro, la limite de ces limites, lorsque la somme des intervalles d'exclusion tend vers zéro, est précisément égale à l'intégrale au sens de Lebesgue, au moins pour les fonctions bornées. Pour les fonctions non bornées, notre définition est plus générale que celle de M. Lebesgue.

La définition précédente est en apparence moins constructive que celle de M. Lebesgue, c'est-à-dire ne paraît pas fournir une méthode de calcul aussi régulière. Mais il faut prendre garde que la méthode de calcul de M. Lebesgue, dont l'intérêt théorique est très considérable, n'est pas toujours aisée à mettre en œuvre pratiquement. De plus il y a un certain intérêt, comme l'a précisément montré M. Lebesgue dans le Mémoire cité, à ramener son intégrale à des sommes riemanniennes. Enfin, il y a certainement des cas où le procédé de calcul par exclusion des intervalles renfermant les singularités est de beaucoup le plus simple et le plus naturel; c'est ce qui a lieu pour bien des fonctions définies par des séries et en particulier pour les séries de fonctions non bornées, auxquelles ne s'applique pas directement le mode de calcul de M. Lebesgue. Désignant par a_n les nombres rationnels compris entre 0 et 1, on peut citer par exemple la fonction

$$\Sigma e^{-n} |x - a_n|^{-\frac{1}{2}}.$$

La différence entre le mode de calcul qui vient d'être indiqué et celui de

M. Lebesgue apparaît plus grande dans le cas de l'intervalle d'intégration infini. La méthode de M. Lebesgue rend les intégrales simples analogues aux intégrales doubles, et non plus aux séries simples où l'ordre des termes joue un rôle pour la convergence. C'est suivant les cas un avantage ou un inconvénient.

Je serais heureux si les considérations précédentes, en rapprochant l'intégrale de Lebesgue de l'intégrale de Riemann, contribuaient à rendre plus rapidement classique son emploi, dont les avantages pour les recherches ne sont plus à démontrer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les formes quadratiques positives et le principe de Dirichlet.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

J'ai signalé dans une Note récente quelques propriétés des systèmes d'équations linéaires dérivés des formes quadratiques positives infinies. Dans les hypothèses considérées, ces équations admettent toujours des solutions dont on peut calculer les valeurs limites par des suites d'opérations convergentes, bien que les déterminants infinis correspondants soient généralement divergents. Il est possible de généraliser la méthode dans diverses directions et de l'étendre même au cas où les inconnues, au lieu de donner un ensemble infini dénombrable, correspondent, élément par élément, aux points d'un espace continu. On se trouve ainsi conduit à envisager, à un point de vue nouveau, certains problèmes du calcul fonctionnel et du calcul des variations.

L'étude du principe de Dirichlet fournit un remarquable type d'application et démontre par un exemple frappant le parti qu'on peut tirer de ces théories dans diverses questions d'analyse.

Pour la netteté de l'exposition nous envisagerons d'abord le cas du contour polygonal.

Considérons dans le plan xOy un contour polygonal fermé P, limitant une aire simplement connexe A. A chaque sommet de ce polygone nous faisons correspondre une cote arbitraire z, ce qui détermine dans l'espace une ligne polygonale L. Nous nous proposons de faire passer par cette ligne une surface pour laquelle l'intégrale double

$$I = \int\int \left[\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 \right] dx\, dy$$

soit un minimum.

Au lieu de suivre la méthode de M. Hilbert, nous allons rattacher ce problème à la théorie des formes quadratiques.

Menons d'abord par la ligne L une aire polyédrale à facettes triangulaires, qui soit coupée en un seul point par toute parallèle à Oz. Les facettes se projettent sur le plan xOy suivant un réseau de triangles R qui couvre toute l'aire A. Distinguons par les indices 1, 2, 3 les coordonnées des sommets de l'une quelconque des facettes et posons

$$\Delta_{yz} = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 & 1 \\ y_2 & z_2 & 1 \\ y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix},$$

Δ_{zx} et Δ_{xy} ayant des significations semblables.

Si l'ordre des sommets a été choisi de telle façon que le déterminant Δ_{xy} soit positif, l'intégrale de Dirichlet devient, pour notre surface polyédrale,

$$I = \frac{1}{2} \sum \frac{\Delta_{yz}^2 + \Delta_{zx}^2}{\Delta_{xy}}.$$

Considérée comme fonction des variables z, l'intégrale I est une forme quadratique positive $F(z)$.

Revenant au réseau R, désignons par $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ les nœuds intérieurs à l'aire A; par $\beta_1, \beta_2, \ldots$ les sommets du polygone P, et respectivement par $z_{\alpha_1}, z_{\alpha_2}, \ldots, z_{\beta_1}, z_{\beta_2}, \ldots$ les valeurs correspondantes des cotes des sommets de la surface polyédrale. Le réseau R étant choisi, et les valeurs des z_β supposées données, nous commencerons par chercher les valeurs des z_α qui rendent minima la forme quadratique $F(z)$. Les inconnues doivent vérifier le système d'équations

$$(1) \qquad \frac{\partial F}{\partial z_{\alpha_1}} = 0, \qquad \frac{\partial F}{\partial z_{\alpha_2}} = 0, \qquad \ldots.$$

Le déterminant du système (1) par rapport aux z_α est le discriminant de la forme quadratique à laquelle se réduirait $F(z)$ si l'on y annulait tous les z_β. Or il est facile de reconnaître, d'après la définition de la forme F, que, si tous les z_β sont nuls, la forme ne peut s'annuler quand un seul des z_α est différent de zéro. Le déterminant considéré est donc différent de zéro, et le système (1) donne les z_α en fonction linéaire et homogène des z_β:

$$(2) \qquad z_\alpha = \sum C_{\alpha\beta} z_\beta.$$

Considérons maintenant une suite de réseaux de densité indéfiniment croissante, et tels que les nœuds de chacun des réseaux appartiennent à

tous les réseaux suivants, les sommets β restant fixes ainsi que les z_β. La suite décroissante des minima de F tend vers un *minimum minimorum*.

Il reste à démontrer que tous les coefficients de l'équation (2) tendent également vers des limites déterminées, indépendantes des z_β.

En examinant avec attention la résolution du système (1), on reconnaît que la valeur de l'une quelconque des inconnues, z_{α_1} par exemple, pourrait s'obtenir en cherchant d'abord le minimum $f(z_{\alpha_1}, z_\beta)$ de la forme $F(z)$ quand on y suppose données les valeurs des z_β et de z_{α_1} puis en égalant à zéro la dérivée $\frac{\partial f}{\partial z_{\alpha_1}}$. On obtient ainsi l'équation linéaire

$$(3) \qquad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial z_{\alpha_1}} = a_{\alpha_1,\alpha_1} z_{\alpha_1} + \sum a_{\alpha_1,\beta} z_\beta = 0.$$

Or le minimum $f(z_{\alpha_1}, z_\beta)$ tend aussi vers un *minimum minimorum* quand on fait croître indéfiniment la densité du réseau, et, comme les coefficients sont indépendants des valeurs numériques attribuées aux variables z, il en résulte que chacun de ces coefficients tend vers une limite déterminée. D'ailleurs la forme f étant essentiellement positive, le premier coefficient de l'équation (3) ne pourrait tendre vers zéro que si tous les autres coefficients tendaient vers la même limite, ce qui conduirait à des résultats manifestement inexacts.

En résumé nous arrivons donc à la conclusion que chaque inconnue z_α est à la limite, *une fonction linéaire déterminée* des données z_β.

Dans le cas d'un contour curviligne il est possible d'employer un procédé semblable. Il suffit de remplacer les facettes planes qui ont leurs bases sur le contour par des éléments coniques ayant pour sommets des points de l'espace qui se projettent à l'intérieur de l'aire A. Chaque élément correspondant de l'intégrale I est encore une fonction du second degré de la cote du sommet, de sorte que les calculs restent les mêmes; mais l'existence des solutions est alors subordonnée à la convergence des résultats obtenus.

NOMOGRAPHIE. — *Sur la disjonction des variables des équations nomographiquement rationnelles d'ordre supérieur.* Note de M. **Farid Boulad**, présentée par M. G. Humbert.

Le problème de la disjonction des trois variables z_1, z_2, z_3 de l'équation $F_{123} = 0$ en vue de la construction d'un nomogramme à points alignés, tel qu'il a été posé par M. d'Ocagne, dans le cas où cette équation se présente

sous la forme [1]

$$(1) \qquad F_1 F_{23} + G_1 G_{23} + H_1 H_{23} = 0,$$

au plus d'ordre nomographique 2 par rapport à une même variable z_1, consiste à déterminer deux systèmes de trois fonctions (F_2, G_2, H_2) et (F_3, G_3, H_3) des deux autres variables z_2 et z_3, tels que l'équation proposée puisse se mettre sous la forme

$$(2) \qquad \begin{vmatrix} F_1 & G_1 & H_1 \\ F_2 & G_2 & H_2 \\ F_3 & G_3 & H_3 \end{vmatrix} = 0$$

qui conduit à un nomogramme à simple alignement.

Ce problème se ramène à la résolution des deux identités suivantes :

$$(3) \qquad F_2 F_{23} + G_2 G_{23} + H_2 H_{23} \equiv 0,$$

$$(4) \qquad F_3 F_{23} + G_3 G_{23} + H_3 H_{23} \equiv 0,$$

lesquelles avec l'équation (1) donnent, par élimination, la forme cherchée (2).

Pour avoir l'un quelconque des deux systèmes de fonctions inconnues ci-dessus, par exemple le système des trois fonctions F_2, G_2, H_2 de la variable z_2 qui doivent vérifier l'identité (3), ordonnons nomographiquement cette dernière par rapport aux fonctions de l'autre variable z_3.

Soit

$$(5) \qquad f_3 \varphi_2 + g_3 \psi_2 + h_3 \chi_2 + \ldots + t_3 \theta_2 \equiv 0$$

la forme générale obtenue, d'ordre nomographique quelconque n par rapport à z_3, et dans laquelle φ_2, ψ_2, χ_2, ..., θ_2 désignent des fonctions de z_2 linéaires et homogènes en F_2, G_2, H_2.

Pour exprimer que l'équation (5) doit avoir lieu quelle que soit la variable z_3, appliquons le principe de la recherche des valeurs critiques, adopté par M. d'Ocagne, en introduisant la notion de ces valeurs [2]; nous aurons le système de $(n+1)$ équations linéaires et homogènes

$$(6) \qquad \varphi_2 = 0, \qquad \psi_2 = 0, \qquad \chi_2 = 0, \qquad \ldots, \qquad \theta_2 = 0.$$

---

[1] La notation ici employée est celle de M. d'Ocagne, qui consiste, en faisant correspondre un indice à chaque variable, à affecter chaque signe fonctionnel des indices de toutes les variables sur lesquelles il porte.

[2] *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1er semestre 1907, p. 190.

M. d'Ocagne a d'ailleurs fait voir que, grâce à la considération de ces valeurs critiques, la construction du nomogramme, dans le cas des équations d'ordre nomographique 3 et 4, peut être effectuée sans disjonction préalable.

Cela posé, il suffit maintenant de vérifier la compatibilité de ce système, quel que soit z_2, et d'en résoudre ensuite deux équations quelconques, pour avoir le système des trois fonctions inconnues F_2, G_2, H_2.

Si, en opérant de même pour déterminer les trois autres fonctions F_3, G_3, H_3, on trouve que le système des équations linéaires et homogènes obtenues

$$\varphi_3 = 0, \qquad \psi_3 = 0, \qquad \chi_3 = 0, \qquad \ldots, \qquad \theta_3 = 0$$

est aussi compatible, quel que soit z_3, la disjonction complète des variables de l'équation (1) est effectuée sous la forme voulue. Sinon, on démontre aisément que cette équation ne peut être ramenée à cette forme, à moins peut-être d'une anamorphose non homographique.

Telle est la méthode que nous proposons d'appeler *méthode des coefficients indéterminés*.

Il convient de remarquer qu'en l'appliquant dans la pratique, il n'est pas nécessaire d'écrire les deux équations (3) et (4); on les a immédiatement en substituant successivement dans l'équation (1), au système F_1, G_1, H_1, les deux systèmes correspondant à z_2 et z_3.

Application. — Soit à effectuer la disjonction des variables de l'équation suivante, d'ordre nomographique 6, la plus générale, écrite d'après la notion d'ordre de M. Soreau :

$$f_3(f_1 A_2 + g_1 L_2 + P_2) + g_3(f_1 A'_2 + g_1 L'_2 + P'_2) + h_3(f_1 A''_2 + g_1 L''_2 + P''_2) = 0,$$

dans laquelle on a, d'une manière générale,

$$\begin{aligned}
A_2 &= a_2 f_2 + b_2 g_2 + c_2,\\
L_2 &= l_2 f_2 + m_2 g_2 + n_2,\\
P_2 &= p_2 f_2 + q_2 g_2 + r_2;\\
A'_2 &= a'_2 f_2 + b'_2 g_2 + c'_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
P''_2 &= p''_2 f_2 + q''_2 g_2 + r''_2,
\end{aligned}$$

f_2, g_2, h_2 désignent des fonctions de z_2, et $a_2, b_2, \ldots, q''_2, r''_2$ représentent des constantes quelconques.

Appliquons la méthode ci-dessus d'abord à la recherche du système F_1, G_1, H_1. Pour cela, substituons cette lettre respectivement à f_3, g_3, h_3 dans l'équation proposée, et ordonnons nomographiquement celle-ci par rapport à z_2. En y annulant les coefficients de f_2, g_2, 1, nous aurons un système de trois équations linéaires et homogènes en F_1, G_1, H_1 que nous appelle-

rons (Σ_1). Soit aussi (Σ_2) le système de trois équations linéaires et homogènes correspondant à F_2, G_2, H_2, qu'on obtient par la même marche.

Posons d'une manière générale

$$A = a_2 x + a'_2 y + a''_2, \qquad B = b_2 x + b'_2 y + b'', \qquad \ldots, \qquad R = r_2 x + r'_2 y + r''_2.$$

Je dis que si le déterminant

$$\Delta = \begin{vmatrix} A & B & C \\ L & M & N \\ P & Q & R \end{vmatrix}$$

est identiquement nul, les deux systèmes (Σ_1) et (Σ_2) sont simultanément compatibles.

En effet, substituons, dans (Σ_1), à F_1, G_1, H_1 respectivement x, y, 1, nous aurons un système de trois équations à deux couples corrélatifs (x, y) et (f_1, g_1). Or on exprime que le système (Σ_1) est compatible en rendant identiquement nul le déterminant complet correspondant à l'un quelconque de ces deux susdits couples. En effectuant l'élimination du couple (f_1, g_1), on obtient précisément la condition ci-dessus $\Delta = 0$.

En faisant le même raisonnement sur le système (Σ_2), on retrouve cette même condition de compatibilité. D'où le théorème suivant :

Si le déterminant Δ est identiquement nul, l'équation d'ordre 6 la plus générale est représentable en un nomogramme à points alignés.

Si cette condition est remplie, les deux systèmes (Σ_1) et (Σ_2) fournissent immédiatement les fonctions inconnues. Au moyen de celles-ci, on forme les équations des échelles (z_1) et (z_2).

Quant aux équations en coordonnées cartésiennes des supports de ces échelles, elles s'obtiennent en éliminant z_1 et z_2 entre les rapports

$$\frac{f_1}{\Delta_a} = \frac{g_1}{\Delta_l} = \frac{1}{\Delta_p} \qquad \text{et} \qquad \frac{f_2}{\Delta_a} = \frac{g_2}{\Delta_b} = \frac{1}{\Delta_c},$$

dans lesquels les Δ_k sont les déterminants mineurs figurant dans les deux développements suivants :

$$\Delta = A\,\Delta_a + L\,\Delta_l + P\,\Delta_p = A\,\Delta_a + B\,\Delta_b + C\,\Delta_c.$$

MÉCANIQUE. — *Sur la résistance de l'air.* Note de M. **Carlo Bourlet**, présentée par M. Émile Picard.

M. G. Eiffel a présenté tout récemment, à la Société des Ingénieurs civils, une Communication relative à de nouvelles expériences dans lesquelles

il mesure non seulement la poussée totale d'un courant d'air sur une surface immobile, mais en outre les pressions normales aux divers points.

Il y a déjà longtemps que j'ai acquis la conviction que la mesure de la *poussée totale* était insuffisante et qu'on ne parviendrait à des résultats utilisables qu'en recherchant la *loi de distribution* de la pression aux divers points de la surface.

Pour entreprendre de pareilles expériences avec fruit, et les relier par une formule, il est très utile d'être guidé par une idée *a priori* sur la forme de la formule qu'il convient d'adopter.

Je me propose, dans cette Note, de montrer comment, en partant d'un résultat expérimental fort simple, j'ai été conduit à formuler une loi plausible de la distribution de la pression sur une surface plane se déplaçant dans l'air.

Considérons, à cet effet, un rectangle de dimensions a et l se déplaçant dans un air calme d'un mouvement de translation rectiligne de façon que les deux côtés parallèles, de longueur commune a, soient rectangulaires avec la direction de la vitesse de translation. Nous n'envisagerons, dans ce qui va suivre, que la composante de la poussée qui est normale au plan.

Des raisons de symétrie conduisent tout d'abord à admettre que la pression normale est la même en tous les points d'une parallèle au bord d'attaque a, sauf au voisinage des bords latéraux l. Si donc on raisonne sur un rectangle de dimensions assez grandes pour pouvoir négliger les effets perturbateurs des bords, on est amené à admettre que, toutes choses égales d'ailleurs, la pression normale p en un point est uniquement une fonction de la distance x de ce point au bord d'attaque.

Dans ces conditions, la poussée normale totale sur une bande de largeur dx, à la distance x du bord d'attaque, est égale à $ap\,dx$, et son point d'application est le milieu de cette bande.

La poussée normale totale P sur le rectangle entier est alors donnée par la formule

$$\text{(1)} \qquad P = a\int_0^l p\,dx;$$

et son point d'application (centre de poussée) se trouve sur la ligne médiane du rectangle à une distance δ du bord d'attaque telle qu'on ait

$$\text{(2)} \qquad P\delta = a\int_0^l p\,x\,dx.$$

Pour tirer parti des formules (1) et (2), posons

$$p = \frac{d^2\varphi}{dx^2},$$

φ étant une fonction inconnue de x qui contient linéairement deux constantes arbitraires dont on peut disposer de façon que φ et $\frac{d\varphi}{dx}$ s'annulent à la fois pour $x = 0$.

Les formules (1) et (2) deviennent alors

$$P = a\frac{d\varphi}{dl}, \tag{3}$$

$$P\delta = al\frac{d\varphi}{dl} - a\varphi(l); \tag{4}$$

on en tire

$$\frac{\delta}{l} = 1 - \frac{\varphi(l)}{l\frac{d\varphi}{dl}}. \tag{5}$$

La position du centre de poussée a été étudiée expérimentalement par Avanzani, Joessel, Langley, et plus récemment par MM. Sorean et Rateau. Or tous ceux de ces expérimentateurs qui ont traduit les résultats de leurs expériences par une formule ont été amenés à conclure, qu'au moins pour les angles d'attaque inférieurs à 25°, le rapport $\frac{\delta}{l}$ est *indépendant de* l et est uniquement une fonction de cet angle d'attaque α. Il en résulte que si cette loi expérimentale est exacte, ce que je suppose provisoirement, on peut poser $\frac{\delta}{l} = r$, r étant une constante par rapport à l, et l'égalité (5) fournit une équation différentielle pour déterminer φ en fonction de l:

$$(1 - r)l\frac{d\varphi}{dl} - \varphi(l) = 0,$$

qui donne

$$\varphi(l) = Cl^{\frac{1}{1-r}},$$

r étant une fonction de l'angle d'attaque α, et C dépendant uniquement de la vitesse v et de l'angle α.

On en conclut

$$P = \frac{aC}{1-r}l^{\frac{r}{1-r}}$$

et

$$p = \frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{Cr}{(1-r)^2}x^{\frac{2r-1}{1-r}}.$$

r variant de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ (environ) lorsque α décroît de 90° à 0, l'exposant de x est négatif. Nous poserons

$$h(\alpha) = \frac{1-2r}{1-r}.$$

D'autre part, en exprimant que pour $\alpha = 90^\circ$, $r = \frac{1}{2}$, la poussée normale totale est égale à $k\mu S v^2$, S étant la surface du rectangle, μ la masse spécifique de l'air et k un coefficient numérique, on conclut que $\frac{C}{1-r}$ est de la forme

$$\frac{C}{1-r} = k\mu v^2 f(\alpha),$$

$f(\alpha)$ étant une fonction de α telle que $f(0) = 0$, $f(90^\circ) = 1$. L'expression finale de P est alors

$$P = k\mu S v^2 f(\alpha) l^{-h(\alpha)}, \tag{6}$$

et la distribution de la pression est donnée par la formule

$$p = k\mu v^2 f(\alpha)(1-h) x^{-h(\alpha)}. \tag{7}$$

Si l'on appelle P et P′ les poussées normales totales sur le même rectangle, à la vitesse v et sous le même angle d'attaque α, suivant que le bord d'attaque est a ou l, on a, d'après la formule (6),

$$\frac{P'}{P} = \left(\frac{l}{a}\right)^{h(\alpha)}.$$

Par exemple, d'après les expériences récentes de M. Rateau [1] pour $\alpha = 6^\circ$, on a

$$r = \frac{1}{4}, \qquad \text{d'où} \qquad h = \frac{2}{3}$$

et

$$\frac{P'}{P} = \left(\frac{l}{a}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Je suis en possession de ces résultats depuis environ 6 mois. Sur mes indications, mon ancien élève et ami, M. Armand de Gramont de Guiche, a entrepris, en son laboratoire, depuis 3 mois, une série d'expériences pour étudier expérimentalement la distribution de la pression sur une surface plane ou courbe et, en particulier, pour vérifier l'exactitude des formules (6) et (7) et déterminer les deux fonctions $h(\alpha)$ et $f(\alpha)$ qui y figurent. Les premiers résultats obtenus paraissent confirmer les prévisions ci-dessus. Le dispositif expérimental adopté par le duc de Guiche a des analogies avec celui de M. Eiffel; il en diffère essentiellement en ce que dans ces expériences la surface étudiée est mobile dans un air calme indéfini.

---

[1] *Comptes rendus*, 21 juin 1909.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le polonium.* Note de Mme **P. Curie** et M. **A. Debierne**, présentée par M. Lippmann.

On sait que parmi les substances nouvelles fortement radioactives le polonium est celle qui a été découverte en premier lieu. Bien des efforts ont déjà été faits en vue d'isoler cette substance et de la caractériser comme élément chimique, mais malgré la très grande activité des produits obtenus ce résultat n'a pas encore été atteint. La théorie des transformations radioactives prévoit que la quantité de polonium présent dans les minéraux radioactifs doit être très faible. D'après cette théorie le polonium est considéré comme un descendant du radium, et la proportion relative de ces substances à l'état d'équilibre radioactif est égale au rapport de leurs vies moyennes. La vie moyenne du radium étant environ 5300 fois plus grande que celle du polonium, et le radium pouvant se trouver dans la pechblende en proportion voisine de $0^g,2$ par tonne, on voit que le même minerai ne pourrait contenir que $0^{mg},04$ environ de polonium par tonne. Plusieurs problèmes de grande importance en radioactivité se rattachent à l'isolement du polonium. Ce corps est un élément instable qui paraît représenter le dernier terme radioactif dans la série des dérivés du radium; on peut donc espérer mettre en évidence la formation d'un élément inactif à partir du polonium. De plus le polonium donnant lieu à une émission de rayons α, doit produire de l'hélium; or cette production n'avait pu être observée jusqu'à présent, et il était important de savoir s'il y avait là réellement un fait incompatible avec la théorie.

Nous avons entrepris récemment un traitement chimique ayant en vue la préparation de polonium à l'état très concentré. Ce traitement était fait sur quelques tonnes de résidu de minerai d'urane, dont nous pouvions disposer pour cet usage. Le minerai était traité par une solution chaude d'acide chlorhydrique assez concentré, ce qui a pour effet de dissoudre presque complètement le polonium. La solution qui ne contient pas de radium a été soumise dans une usine à un traitement ayant pour but l'extraction de la matière active. Ce traitement qui a été fait sous notre direction et qui sera décrit dans un Mémoire plus étendu, a fourni environ 200^g de matière dont l'activité moyenne était 3500 fois plus grande que celle de l'uranium et qui contenait principalement du cuivre, du bismuth, de l'uranium, du plomb, de l'arsenic; l'activité était due au polonium. Nous avons cherché à purifier cette matière par un traitement effectué au laboratoire.

Pour cela, la dissolution chlorhydrique a été précipitée par l'ammoniaque pour éli-

miner le cuivre; les hydrates étaient soumis à l'ébullition avec une solution de soude, afin de dissoudre le plomb; ils ont été traités ensuite par une dissolution chaude de carbonate d'ammoniaque pour dissoudre l'uranium. Tous ces traitements ont été répétés plusieurs fois. Les carbonates insolubles, finalement obtenus, ont été dissous dans l'acide chlorhydrique, et la solution a été traitée par le protochlorure d'étain. Les traitements dans leur ensemble ont été très efficaces, l'activité primitive se retrouvant dans le précipité final d'une manière suffisamment complète, ce dont nous nous sommes assurés par une méthode de dosage convenable.

Le précipité qui pesait environ 1^g a été redissous, et la solution chlorhydrique a été précipitée par l'hydrogène sulfuré; les sulfures ont été lavés au sulfure de sodium; ils ont ensuite été redissous, et la solution a été reprécipitée par le chlorure stanneux; le précipité obtenu était de quelques milligrammes. L'analyse spectrale, effectuée sur cette matière, a mis en évidence la présence d'éléments très variés : mercure, argent, étain, or, palladium, rhodium, platine, plomb, zinc, baryum, calcium, aluminium. Quelques-uns de ces éléments devaient provenir de l'attaque des vases utilisés. En essayant de purifier la matière active, nous avons rencontré de grandes difficultés et nous avons reconnu qu'il était très difficile d'obtenir sans perte une matière de composition plus simple. C'est ainsi que, en essayant de séparer le plomb par un traitement à la potasse, nous avons constaté que le polonium avait passé en grande partie en dissolution, alors que nous avions pu utiliser sans danger ce même traitement en présence d'éléments insolubles dans ces conditions; de cette solution alcaline, le polonium n'a pu être reprécipité que par addition de sulfure alcalin. Les réactions qui se sont toujours montrées sûres sont : la précipitation à l'état de sulfure en solution acide ou alcaline et la précipitation par le protochlorure d'étain. Nous avons constaté aussi que le polonium se dépose très facilement par électrolyse, et que ce moyen peut être utilisé pour une séparation quantitative quand on veut extraire le polonium d'une dissolution acide. Mais on dépose en même temps les métaux tels que l'or, le platine, le mercure, etc. Après de nombreux essais, l'activité se trouvait concentrée sur 2^{mg} de matière environ.

L'activité a été mesurée par la méthode électrique. Pour cela, une fraction connue et très petite de la dissolution était évaporée sur une lamelle de verre; on déterminait en valeur absolue le courant de saturation obtenu avec cette lamelle dans un appareil de mesure convenable. Connaissant la valeur de la charge d'un ion gazeux ($4,7 \cdot 10^{-10}$ unité E. S.) et le nombre d'ions produits par une particule α du polonium le long de son parcours complet (environ $1,6 \cdot 10^5$), on peut calculer le nombre des particules α émises par seconde. Connaissant de plus la vitesse de destruction du polonium (diminution de moitié en 140 jours), et le nombre des molécules contenues dans une molécule-gramme (environ $6 \cdot 10^{23}$), on peut calculer la quantité de polonium, dont le poids atomique est supposé voisin de 200. On peut aussi calculer le volume d'hélium qui se forme en un temps donné, en admettant que chaque particule α est un atome d'hélium.

Nous avons trouvé ainsi que la quantité de polonium obtenue devait monter à environ $0^{mg},1$; cette quantité est celle qui doit se trouver d'après la théorie dans deux tonnes environ d'une bonne pechblende. Notre matière active pouvait ainsi contenir quelques pour 100 de polonium, de sorte que l'analyse spectrale pouvait être tentée avec quelque chance de succès. Plusieurs spectres d'étincelle ont été obtenus et photographiés; malheureusement chacune de ces opérations entraîne une perte assez importante de matière.

L'aspect du spectre est compliqué; plusieurs éléments étaient présents : or, platine, mercure, palladium, rhodium, iridium. Dans certains spectres on constatait aussi la présence de métaux alcalino-terreux qui provenaient probablement de l'attaque des vases et qu'on éliminait par électrolyse. Après examen attentif des différents spectres et identification aussi complète que possible des raies connues par leurs longueurs d'onde (Recueils de Exner et Haschek, Watts) ou par des spectres de comparaison obtenus avec le même spectrographe, il reste quelques raies qui peuvent être attribuées avec quelque vraisemblance au polonium. Voici les longueurs d'onde de ces raies :

Faible	4642,0
Assez forte	4170,5
Faible	3913,6
Très faible	3652,1

D'autres raies ont une attribution douteuse, ce sont les suivantes :

Moyenne, pourrait être une raie parasite	4651,5
Moyenne, peut être identique à 3961,7 de l'aluminium	3961,5
Faible, peut être identique à 3668,6 du platine	3668,5

La précision des mesures est assez bonne; l'erreur ne dépasse probablement pas 0,3 unité Ångström. Pour l'identification des raies, on se base non seulement sur la longueur d'onde, mais aussi sur l'intensité relative.

Nous comptons examiner à nouveau le spectre, quand le polonium sera détruit, ce qui permettra d'avoir une opinion définitive sur l'attribution des raies indiquées plus haut. On peut aussi espérer voir le spectre de l'élément formé aux dépens du polonium. D'après la théorie, cet élément pourrait être le plomb; le plomb n'est pas totalement absent de notre produit, mais son spectre est très faible.

Nous avons constaté que la substance active obtenue ne donne lieu à aucune production de radioactivité induite, ni à aucune émission appréciable de rayons pénétrants. Nous avons constaté un dégagement extrêmement minime d'émanation du radium.

Une partie de la solution a été utilisée pour l'étude des gaz dégagés. Cette solution était introduite dans un tube de quartz placé lui-même dans un appareil qui pouvait être complètement purgé d'air. La solution dégage beaucoup de gaz; il est facile d'observer la formation continue de bulles gazeuses, ce qui prouve qu'il y a décomposition de l'eau; cette décomposition doit être attribuée à l'action des rayons α du polonium. Les gaz dégagés sont presque totalement absorbables par l'action du cuivre et de l'oxyde de cuivre chauffés, de la potasse et de l'anhydride phosphorique. Le faible résidu gazeux était recueilli et examiné par l'un de nous suivant sa méthode antérieurement utilisée pour l'examen des gaz dégagés par l'actinium et le radium ([1]). Ce résidu est de l'hélium sensiblement pur, dont le spectre complet était observé et dont le volume a pu être mesuré. Ce volume était égal à $1^{mm^3},3$ sous la pression atmosphérique, l'accumulation ayant eu lieu pendant 100 jours. Ce volume est très voisin de celui que prévoit la théorie et qui est égal à $1^{mm^3},6$. Le fait de la production d'hélium par le polonium se trouve donc établi, avec l'ordre de grandeur prévu. Nous nous proposons de faire une détermination aussi exacte que possible de ce volume jointe à des expériences de numération des particules α émises, de manière à obtenir la valeur du nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme. Cette méthode directe semble particulièrement avantageuse quand on utilise une solution de polonium, les particules α pouvant être en ce cas très complètement absorbées par le liquide.

Au cours des expériences, un curieux effet des rayons a été constaté. Le polonium étant conservé à sec dans une petite capsule de quartz, celle-ci s'est trouvée fendillée en un grand nombre d'endroits en face de la substance; la production de ces fentes peut être attribuée à des décharges électriques.

Un dégagement abondant d'ozone était généralement constaté au voisinage de la substance.

OPTIQUE. — *Sur la mesure de l'indice de réfraction des liquides au moyen du microscope.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

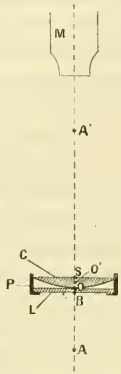
La méthode suivante dérive de la méthode de Brewster pour la mesure de l'indice des liquides, mais elle est beaucoup plus précise.

Une lame de verre à faces parallèles L sur laquelle repose une lentille

---

([1]) Debierne, *Comptes rendus*, 1905-1909.

plan-convexe C est disposée au-dessus d'un point lumineux A. Le liquide à étudier a été introduit entre la lame et la lentille.



Au moyen d'un microscope M on pointe successivement les images O' et A, que le système donne :

1° Du point de contact O de la lame et de la lentille;

2° Du point lumineux A.

Soient Δ le déplacement du microscope, ν l'indice du liquide. On trouve

$$\nu = A - \frac{B}{\Delta}, \tag{1}$$

A et B désignant deux constantes positives qui, dans le cas particulier où A est à l'infini, ont pour valeurs respectives $A = N$, $B = R$; N et R désignant l'indice et le rayon de courbure de la lentille.

Le coefficient $A = N$, préalablement déterminé par les méthodes goniométriques, peut être supposé exactement connu ainsi que l'indice ν_1 d'un liquide déterminé qui servira à calculer B.

Des deux pointés d'où l'on déduit Δ, le premier, celui sur O', indépendant à la fois des imperfections de la lame L, des aberrations de la surface courbe, de la nature et de l'opacité du liquide, est susceptible de beaucoup de perfection; on peut l'effectuer une fois pour toutes au début de chaque série de mesures. La précision dépend surtout du second pointé. La discussion, confirmée par mes essais, montre qu'en lumière monochromatique l'erreur peut être facilement rendue inférieure à 0,001.

Pour perfectionner le second pointé on pourra employer un ménisque

liquide biconcave (au lieu de plan-concave), c'est-à-dire interposer le liquide entre deux verres convexes en contact par leur sommet et choisir les rayons de courbure de manière à rendre minima les aberrations sphériques moyennes.

Dans les essais que j'ai effectués, une croix tracée très légèrement au diamant sur la lame L servait de réticule pour le premier pointé. Cette lame était sertie dans un petit cadre circulaire qu'un système de quatre vis permettait de déplacer dans son propre plan, à la manière d'un réticule de cathétomètre. La lentille C restant immobile, on pouvait ainsi amener exactement la croisée du réticule au centre des anneaux d'interférences qui se forment autour du point de contact O. Les déplacements du microscope M étaient obtenus à l'aide d'une crémaillère et d'un pignon, et mesurés au moyen d'un vernier au $\frac{1}{10}$ se déplaçant le long d'une graduation en demi-millimètres.

Quant au deuxième pointé, je l'effectuais sur un micromètre, tracé sur verre, disposé au foyer d'un collimateur et éclairé latéralement à la manière des particules ultramicroscopiques. Dans ces conditions, les traits du réticule peuvent être rendus excessivement fins : ils apparaissent néanmoins avec une grande netteté dans le champ du microscope, alors qu'éclairés par transparence, ils seraient complètement invisibles. Un écran Monpillard m'a permis d'opérer en lumière verte très sensiblement monochromatique.

Le réglage effectué, un seul pointé suffit pour la mesure de l'indice. La méthode n'exige d'ailleurs qu'une *très petite goutte* de liquide et la petitesse de l'épaisseur traversée la rend applicable aux liquides translucides. Enfin le faible volume de la monture permet de communiquer facilement au système optique une température uniforme et constante.

La construction d'un réfractomètre basé sur ces principes est en ce moment à l'étude.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'alumine provenant de l'oxydation à l'air de l'amalgame d'aluminium.* Note de M. **P.-Roger Jourdain**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait depuis longtemps que l'aluminium amalgamé s'oxyde spontanément au contact de l'air en donnant des masses très légères d'alumine. Zunino (1) a décrit cette matière comme un hydrate à 5^{mol} d'eau. Plus récemment, M. Robin (2) a reconnu que cette alumine pouvait servir au

(1) *Gazzet. ch. ital.*, 1re série, t. XXX, 1890, p. 194.
(2) *Rev. Métal.*, t. V, 1908, p. 751.

polissage des métaux les plus durs (l'acier trempé) et remplacer l'alumine calcinée provenant de l'alun ammoniacal, propriété qui conduirait plutôt à envisager cette matière comme un corps anhydre, car la dureté des hydrates est toujours relativement assez faible.

Je me suis proposé de déterminer la composition chimique exacte de ce corps. Pour l'obtenir à l'état de pureté et en quantité un peu abondante, j'ai employé le dispositif expérimental suivant :

Une plaque d'aluminium bien décapée est introduite au fond d'une cuvette de porcelaine, chargée d'une lourde éprouvette pour la maintenir en place et recouverte de 3^{cm} à 4^{cm} de mercure. L'amalgame formé se dissout dans le bain de mercure et vient s'oxyder à sa surface, en formant une masse ouatée blanche, dont l'épaisseur peut atteindre 5^{cm} à 7^{cm} en 48 heures; cette matière est extrêmement légère, car elle pèse environ $1^{g},5$ au litre. Elle est encore transparente sous une épaisseur de 2^{cm} ou 3^{cm} avec une coloration brunâtre; vue par réflexion, elle paraît, au contraire, bleuâtre. Elle paraît constituée par la juxtaposition de fibres parallèles perpendiculaires à la surface du mercure.

On peut très facilement la diviser en fragments, parallèlement à la direction de ses fibres, mais il est impossible de la couper perpendiculairement sans la désagréger complètement.

L'analyse de six échantillons, provenant de préparations différentes, ont donné des résultats très voisins, correspondant, en moyenne, aux chiffres suivants :

Eau	46,5
Mercure	3,5
Alumine (par différence)	50
Total	100,0

Le mercure paraît se trouver disséminé dans la masse en petits globules, visibles au microscope. La proportion d'eau est exactement celle qui correspondrait à l'hydrate de Zunino. La formule $Al^2O^3, 5H^2O$ exige, en effet, 46,9 pour 100 d'eau.

On ne connaît pas d'hydrate cristallisé correspondant à cette formule; on sait, d'autre part, que les corps extrêmement divisés, comme cette alumine, exercent une condensation énergique sur la vapeur d'eau de l'atmosphère. Pour rechercher si tout ou partie de cette eau n'était pas simplement de l'eau hygrométrique condensée, on a placé cette alumine dans des atmosphères à des degrés hygrométriques différents; l'une saturée de vapeur d'eau par la présence d'une masse d'eau liquide, une autre desséchée par l'acide sulfurique. Une combinaison définie n'aurait pas dû changer de poids.

Or on a observé au contraire, dans chaque cas, une variation de poids correspondant à une absorption ou à un départ d'eau :

Échantillon en présence de SO^3H^2.

Perte en 17 heures	.....	9,105	pour 100
» 58 »	.....	13,52	»
» 70 »	.....	14,5	»

Échantillon en présence de H^2O.

Gain en 17 heures	.....	11,09	pour 100
» 58 »	.....	18,26	»
» 70 »	.....	23,93	»

Une seconde série d'expériences a été faite en chauffant l'alumine à différentes températures, pendant des temps plus ou moins considérables, avec l'espoir d'enlever l'eau hygrométrique. On aurait dû alors arriver à un poids constant, restant tel dans un certain intervalle de température.

Cette condition n'a pu être réalisée, car si les pertes d'eau, à une température donnée, sont rapides au début, elles décroissent progressivement et continuent à se produire pendant des temps extrêmement longs; elles se remettent à croître rapidement, dès qu'on élève la température.

Les pertes de poids sur un échantillon donné, maintenues à 100° dans l'air, ont été les suivantes :

	Heures.					
	4.	7.	22.	31.	46.	55.
Pertes pour 100.....	14,36	15,83	22,07	22,61	23,68	23,70

Au bout de 3 jours, on n'était donc pas encore arrivé à un poids invariable. Un autre échantillon chauffé pendant 10 jours avait perdu un peu plus, 25,9 pour 100, sans que rien autorise à supposer que la limite définitive fût atteinte.

En présence de cette impossibilité d'arriver à un poids constant à 100° dans l'air, de nouvelles expériences furent faites à la même température en présence de chaux vive dans le vide; on arrive ainsi assez rapidement à une perte limite sensiblement constante de 24 pour 100, à peu près la même que dans l'air. Mais en élevant la température, la perte limite devient toute différente (à 200° dans le vide en présence d'anhydride phosphorique). Voici, en résumé, les teneurs finales en eau des matières obtenues dans

différentes conditions de dessiccation :

1 jour, 15° dans l'air	46	pour 100
8 jours, 60° dans l'air	35	»
10 jours, 110° dans le vide	22	»
14 heures, 200° dans le vide	9	»

Ces proportions d'eau ne peuvent se rattacher à aucun des différents hydrates possibles d'alumine :

	Eau pour 100.
$Al^2O^3, 5H^2O$	46,87
$Al^2O^3, 4H^2O$	39,13
$Al^2O^3, 3H^2O$	34,61
$Al^2O^3, 2H^2O$	26,08
Al^2O^3, H^2O	15

L'absence de combinaison définie entre l'eau et l'alumine est encore confirmée par ce fait que la matière calcinée reprend peu à peu de l'eau à l'air ordinaire, environ 10 pour 100 de son poids en 24 heures.

Les matières simplement desséchées à 100° ou 200° reprennent plus rapidement que celles calcinées une partie de l'eau qu'elles ont perdue.

L'ensemble de ces mesures semble donc bien prouver que l'alumine, obtenue par l'oxydation à l'air de l'amalgame d'aluminium, n'est pas, malgré sa forte teneur en eau, constituée par un hydrate défini.

Cette matière, extrêmement divisée, possède des propriétés optiques et un pouvoir absorbant pour les gaz donnant lieu à quelques particularités intéressantes. Nous nous proposons de les étudier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique et l'acide correspondant.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Dans la préparation de l'aldéhyde crotonique que j'ai indiquée, au moyen de l'acide sulfurique et de l'aldéhyde ou du paraldéhyde [1], il se forme toujours un peu d'un composé $C^8H^{12}O^2$, dimère de l'aldéhyde crotonique. Ce point est intéressant, car en 1883 Wurtz [2] entreprit sans

[1] M. Delépine, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1316. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVI, 1909, p. 136.

[2] Ad. Wurtz, *Comptes rendus*, t. XCVII, 1883, p. 1169.

succès des expériences spéciales pour obtenir l'aldol de l'aldéhyde crotonique qui aurait eu précisément la formule $C^8H^{12}O^2$, et l'on n'a jamais signalé de produit de cette composition dans les réactions les plus propices à sa formation.

Comme la nouvelle substance forme aisément des composés bien définis, je me suis attaché à son étude en vue d'en élucider la constitution, et tout d'abord j'ai cherché à me la procurer un peu plus abondamment, car 1^{kg} de paraldéhyde n'en fournit guère que 20^g à 25^g après beaucoup de peine. Guidé par cette idée qu'elle prend naissance dans l'action de l'acide sulfurique dilué sur l'aldéhyde crotonique préalablement issu d'une première réaction, j'ai entrepris un nombre considérable d'essais méthodiques, plus de 30 portant chaque fois sur 10^g à 50^g d'aldéhyde crotonique, où j'ai fait varier la nature de l'acide, sa concentration, les rapports entre l'aldéhyde et l'acide, la durée de contact, la température, etc., essais d'ailleurs assez pénibles avec un liquide âcre comme l'aldéhyde crotonique.

J'ai reconnu tout de suite que Wurtz avait employé dans ses expériences un acide chlorhydrique trop concentré ; il ne pouvait obtenir de dimère; à sa place prennent naissance des produits de condensation de l'aldol. Les proportions les plus avantageuses sont : aldéhyde crotonique, 1 partie; eau, 5 parties; acide chlorhydrique ($d = 1,18$), 1 partie. Ce mélange donne le meilleur rendement, 20-22 pour 100, si on le distille après 5 jours de repos à la température ordinaire; si on le distille tout de suite, il ne donne presque rien; si au bout des 5 jours on l'extrait par l'éther, l'éther ne contient pas de dimère.

Ces constatations curieuses démontrent que le dimère se fait au moment où l'on chauffe, à partir d'un produit qui se forme progressivement à froid dans les conditions de l'expérience, et les plus grandes vraisemblances indiquent qu'il doit naître par réaction de l'aldol (issu de l'hydratation lente de l'aldéhyde crotonique) sur une autre portion d'aldéhyde crotonique; en effet, si l'on distille tout de suite un mélange où l'on a substitué moitié d'aldol à l'aldéhyde crotonique, on a 20 pour 100 de dimère. On en a aussi, mais moins, si l'on opère avec de l'aldol seul; il se forme en même temps de l'aldéhyde crotonique, de sorte qu'on retrouve encore les conditions de formation du dimère, mais sans pouvoir affirmer absolument si c'est l'aldol seul, l'aldéhyde crotonique seul ou le mélange des deux qui concourt à former le composé $C^8H^{12}O^2$.

Quoi qu'il en soit, j'ai pensé qu'un chauffage de courte durée pourrait remplacer les 5 jours de repos à la température ordinaire et, en effet, en distillant le mélange signalé plus haut après une demi-heure d'ébullition à reflux, j'ai obtenu de bons résultats. 600^g d'aldéhyde crotonique, traités par fractions de 50^g, ont fourni 100^g de dimère passant à 86°-87° sous 18^{mm}, en même temps que 200^g d'aldéhyde crotonique étaient récupérés. Ce lot a présenté $d_4^0 = 1,0216$ (j'avais indiqué 1,0191) et $n_D^{23} = 1,48441$.

L'acide sulfurique donne de moins bons résultats en raison des fortes résinifications qu'il provoque, mais l'acide phosphorique peut remplacer l'acide chlorhydrique, à-

une concentration moléculaire beaucoup plus élevée toutefois; par contre, l'acide oxalique et le chlorure de zinc sont tout à fait inefficaces.

Le composé $C^8H^{12}O^2$ est un liquide presque incolore, d'odeur spéciale; c'est un monoaldéhyde: outre l'oxime et la semicarbazone déjà signalées, il fournit une aldazine $(C^8H^{12}O : N.)^2$ qui cristallise en beaux prismes transparents, couleur de soufre, fusibles nettement à 168°, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, moins dans l'éther.

Traité par la potasse alcoolique, il ne fournit que des quantités insignifiantes d'un acide cristallisé, dans les conditions classiques où le furfurol et l'aldéhyde benzoïque sont transformés régulièrement en alcool et acide; mais en appliquant le procédé d'oxydation que j'ai indiqué avec M. Bonnet [1], on arrive aisément à transformer l'aldéhyde en acide.

L'acide, par évaporation de sa solution éthérée, cristallise avec la composition $C^8H^{14}O^4$; mais c'est un hydrate $C^8H^{12}O^3 + H^2O$ comme le montre la cryoscopie en milieu acétique (trouvé P. M., 189-193; calculé, 174); il perd vite son eau à 60° ou sur l'acide sulfurique dans le vide; très lentement, s'il n'y a pas de vide. Il est soluble dans 133 parties d'eau à 18°, très soluble dans l'alcool, moins dans l'éther, peu dans le benzène. Hydraté, il fond à 68°-71°, suivant la vitesse avec laquelle on le chauffe; anhydre, il fond à 85°-87° et distille sans décomposition à 262°-264°. Ses sels sont très solubles; je n'ai préparé que le sel d'argent et le sel de baryum à l'état cristallisé.

Son éther éthylique $C^7H^{14}O.CO^2.C^2H^5$ est un liquide incolore, d'odeur agréable, fruitée, distillant à 107°-109° sous 18^{mm};

$$d_4^0 = 1,0323; \qquad d_4^{20} = 1,0140; \qquad N_D^{19} = 1,461\,02.$$

Saponifié, il régénère l'acide.

L'acide en solution aqueuse est transformé quantitativement par l'eau de brome selon l'équation

$$C^8H^{12}O^3 + H^2O + Br^2 = C^8H^{13}O^4Br + HBr,$$

en un acide $C^8H^{13}O^4Br$ très soluble dans l'eau et l'éther, cristallisable en beaux prismes monocliniques, transparents, incolores, qui est bien un composé hydroxybromé et non l'hydrate de l'acide bromé $C^8H^{11}O^3Br + H^2O$; il ne se déshydrate ni dans le vide, ni à 100°, et la cryoscopie en solution acétique lui assigne bien un poids moléculaire (trouvé, 257; calculé, 253) qui correspond à l'acide primitif dont une double liaison a fixé HOBr.

---

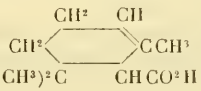
[1] M. Delépine et P. Bonnet, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 39.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide hypoiodeux naissant sur les acides non saturés. Acide α-cyclogéranique.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. A. Haller.

J'ai déjà exposé dans plusieurs Notes ([1]) les résultats de mes recherches sur l'action de l'acide hypoiodeux naissant (produit par $I + HgO$ en présence d'éther aqueux ou par $I + CO^3Na^2$ en solution aqueuse) sur de nombreux acides éthyléniques. Tous les acides étudiés jusqu'ici possédaient leur liaison éthylénique dans une chaîne aliphatique. J'ai commencé l'étude de la même réaction appliquée aux acides éthyléniques dont la double liaison fait partie d'une chaîne fermée.

Un des premiers acides étudiés dans cette série, l'acide α-cyclogéranique, m'a conduit à des résultats tout à fait inattendus.

I. D'après les plus récentes recherches de F. Tiemann, on considère l'acide α-cyclogéranique (point de fusion : 106°) comme un acide éthylénique βγ, ayant la constitution ci-après :



Cet acide, dissous dans l'éther saturé d'eau, puis additionné d'iode et d'oxyde jaune de mercure, se décompose rapidement en perdant du gaz carbonique et fixant d'autre part 1^at^ d'oxygène. Le composé qui en résulte est un liquide à odeur camphrée, de formule $C^9H^{16}O$, que j'ai caractérisé comme alcool cyclique non saturé, un triméthylcyclohexénol, sans doute le 1.5.5-triméthyl-Δ_6-cyclohexénol-2. Outre cet alcool on trouve, parmi les produits de la réaction, la cétone correspondante $C^9H^{14}O$ et plusieurs autres composés à point d'ébullition plus élevé que je n'ai pas caractérisés.

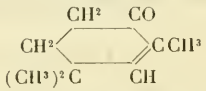
La cétone $C^9H^{14}O$ s'est trouvée identique à la triméthylcyclohexénone obtenue par Wallach et dont l'oxime dérive du nitrosate de cyclogéraniolène sous l'action du méthylate de sodium en solution dans l'alcool méthylique ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 864; t. CXLIII, p. 398; t. CXLVI, p. 140 et 411. Pour plus de détails, voir *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIV, p. 145, et t. XV, p. 296.

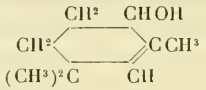
([2]) *Liebig's Annalen*, t. CCCXXIV, 1902, p. 97.

Pour vérifier l'identité des deux cétones, j'ai repris la préparation de la cétone de Wallach en suivant rigoureusement la longue série des opérations qu'il indique : citral, citraloxime, nitrile géramique, acide géranique, géraniolène, cyclogéraniolène, nitrosate de cyclogéraniolène, oxime de la cétone cherchée. Cette oxime fond à 129°-130° comme celle de la triméthylcyclohexénone que j'ai obtenue avec l'acide cyclogéranique, et après leur mélange intime le point de fusion ne change pas. Même vérification avec les semicarbazones (point de fusion : 160°).

Wallach ayant attribué à sa triméthylcyclohexénone la constitution (I), j'en déduis pour mon triméthylcyclohexénol la formule (II)



(I).



(II).

J'ai vérifié, en effet, que mon triméthylcyclohexénol est bien l'alcool correspondant à la cétone, car il fournit cette dernière par oxydation au moyen du mélange sulfo-chromique.

Si l'on essaie de repasser de la cétone à l'alcool au moyen du sodium, on obtient, non pas l'hexénol, mais l'hexanol correspondant, la liaison éthylénique étant hydrogénée en même temps que le groupement cétonique.

II. L'action de l'iode sur l'acide α-cyclogéranique dissous dans une solution aqueuse de carbonate de sodium conduit au même résultat, mais beaucoup plus lentement.

On n'observe pas la précipitation immédiate d'une lactone iodée comme on pourrait s'y attendre; au bout de quelques minutes se produit un trouble, en même temps qu'on observe l'odeur camphrée du triméthylcyclohexénol. La réaction est très lente et, même en maintenant constamment un excès d'iode, elle n'est complète qu'au bout de plusieurs semaines avec 5g d'acide mis en expérience.

III. Tandis que la triméthylcyclohexénone se caractérise facilement à l'aide de son oxime dans le mélange huileux fourni par les deux réactions précédentes, le triméthylcyclohexénol s'isole avec plus de peine. On ne peut songer à l'obtenir pur par distillation à cause de la presque identité des points d'ébullition de l'hexénol et de l'hexénone.

Après avoir séparé par distillation les produits bouillant de 190° à 196°, on les traite par l'anhydride phtalique suivant la méthode de M. Haller, et l'on régénère ensuite l'hexénol de son éther phtalique acide.

Ce triméthylcyclohexénol, liquide incolore, peu fluide, à odeur camphrée, bout à à 193° sous 760^{mm}. Sa densité est $D_{4^\circ}^{13^\circ} = 0,9310$. Il est insoluble dans l'eau et miscible à tous les solvants organiques usuels. Il est facilement entraîné par la vapeur d'eau.

Par oxydation au moyen du mélange sulfochromique il fournit la cétone correspondante : le point d'ébullition que j'ai trouvé pour cette cétone est un peu inférieur à celui indiqué par Wallach : 192° au lieu de 196°.

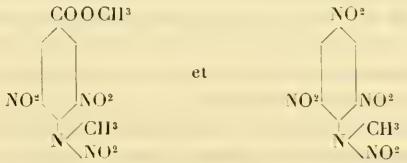
Une oxydation prolongée le convertit avec un rendement presque théorique en acide acétique et acide αα-diméthylglutarique de Béhal $CO^2H—CH^2—CH^2C(CH^3)^2CO^2H$ (¹), ce qui s'accorde bien avec la formule de constitution.

L'éther acétique n'a pas l'odeur camphrée de l'alcool, il est un peu plus fluide; il bout à 206°-207°.

IV. *En résumé*, en faisant abstraction des réactions intermédiaires, l'acide hypoiodeux naissant agit comme oxydant sur l'acide α-cyclogéranique. Il le transforme avec perte de CO^2 en 1.5.5-triméthyl-Δ_6-cyclohexénol-2. C'est là la réaction principale. En outre une partie de l'alcool est oxydée en cétone correspondante et il se forme, de plus, des produits à point d'ébullition élevé que je n'ai pas étudiés, produits qui doivent résulter vraisemblablement de réactions entre la cétone et l'alcool préalablement formés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique concentré sur quelques nitramines aromatiques.* Note de M. **Frédéric Reverdin**, présentée par M. A. Haller.

J'ai déjà eu l'occasion de constater que certaines nitramines peuvent être réduites en nitrosamines correspondantes, sous l'influence de l'acide sulfurique concentré (²); tel est le cas de l'*éther méthylique de l'acide dinitro-3.5-méthylnitramino-4-benzoïque* et de la *trinitro-méthylnitraniline :*



Dans le premier cas, la nitrosamine formée a été isolée; dans le second

(¹) Cet acide a été identifié par comparaison avec un échantillon d'acide αα-diméthylglutarique synthétique que je dois à l'obligeance de M. le professeur Blaise.

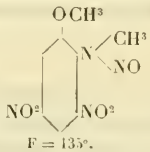
(²) *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, t. XXVI, 1908, p. 342.

cas j'ai obtenu, en partant d'un produit ne donnant aucune trace de la réaction caractéristique de Liebermann pour les nitrosamines (acide sulfurique concentré + phénol), un composé donnant cette réaction d'une manière très nette, mais qui n'a pas encore été analysé.

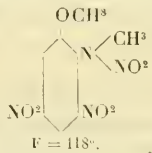
La réaction signalée n'avait pris naissance que sous l'influence d'une température supérieure à la température ordinaire ou d'une durée de quelques heures et même de quelques jours, suivant les conditions de la température; le phénomène observé n'incriminait pas, par conséquent, l'interprétation de la réaction des nitrosamines, puisque celle-ci ne pouvait apparaître que lorsque les substances à examiner étaient soumises à des conditions anormales pour ladite réaction.

J'ai trouvé depuis un autre cas dans lequel la transformation se fait dans des conditions telles que l'interprétation à donner à la réaction des nitrosamines en est troublée.

Lorsqu'on nitre la diméthyl-*o*-anisidine d'après les indications données autrefois par Grimaux et Lefèvre (¹), il se forme suivant les conditions divers produits parmi lesquels un composé de F = 135° que van Romburgh a caractérisé comme étant la *nitrosamine de la dinitro-3.5-monométhylanisidine* et un autre de F = 118° qui est la *nitramine correspondante* (²) :



F = 135°.



F = 118°.

La nitrosamine se transforme facilement et quantitativement en nitramine par l'action, à froid, de l'acide nitrique fumant; mais, chose curieuse à première vue, cette nitramine, malgré des cristallisations répétées qui n'en modifient aucunement le point de fusion, donne toujours et d'une manière très nette la réaction de Liebermann.

Ce phénomène s'explique par le fait que la nitramine en question se transforme instantanément et même à basse température, tout au moins partiellement, en nitrosamine correspondante.

L'expérience a montré que cette transformation s'accomplit à — 10° au

(¹) *Comptes rendus*, t. CXII, p. 727-730.
(²) *Ibid.*, t. CXIII, p. 505.

fur et à mesure que l'on introduit la nitramine dans l'acide sulfurique concentré, maintenu à cette température.

Cette réduction du groupe *nitro* en groupe *nitroso* est accompagnée de la formation de produits accessoires d'oxydation avec laquelle elle est, cela va sans dire, en relation; il sera intéressant d'en déterminer la nature.

Une observation analogue a été faite autrefois par Gattermann (¹) avec la *dinitro-p-crésyl-éthylamine*

$$C^6H^2CH^3(1)NO^2(3)NO^2(5)N\begin{cases}C^2H^5\\NO^2\end{cases}(4)$$

dans des conditions qui étaient différentes au point de vue de la température.

Cet auteur cite entre autres, comme preuve de la constitution de ce produit, qu'il donne la réaction de Liebermann pour les dérivés nitrosés, « ce qui s'explique facilement, dit-il, parce qu'il élimine de l'oxyde d'azote *par échauffement* avec l'acide sulfurique, fait qui prouve une position particulière d'un groupe *nitro* ».

L'action de l'acide sulfurique sur les nitramines de la série grasse et de la série aromatique a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, mais la formation directe d'une nitrosamine dans les conditions dont je viens de parler n'avait, je crois, pas encore été signalée.

Je me propose de rechercher d'autres composés susceptibles de présenter la même propriété et de déterminer, si possible, quelles sont les conditions qu'ils doivent remplir au point de vue de leur constitution, pour se prêter à la réaction observée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfosalicylique sur le phosphate trisodique.* Note de M. **L. Barthe**, présentée par M. Haller.

Dans une Note antérieure (²) j'ai fait connaître l'action de l'acide sulfosalicylique sur le borate de soude; il m'a paru intéressant de faire agir ce même acide sur le phosphate trisodique.

A une solution aqueuse bouillante de 26g,80 de phosphate alcalin préparé au Laboratoire, on ajoute une solution hydro-alcoolique de 43g,60

(¹) *Bulletin Soc. chim. de Paris*, 2e série, t. XLV, p. 794; voir aussi t. XLIV, p. 545.

(²) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 408.

d'acide sulfosalicylique. On fait bouillir quelques instants et l'on filtre. La solution est abandonnée sous cloche au-dessus de l'acide sulfurique. Il se dépose par refroidissement des aiguilles ténues d'acide sulfosalicylique, parfois du sulfosalicylate de soude en très longues aiguilles atteignant jusqu'à $0^m,05$ à $0^m,06$ de longueur, et enfin un composé cristallisant en fins cristaux prismatiques, brillants, renfermant du phosphore, du soufre et brûlant sur la lame de platine en laissant un résidu minéral fusible.

La solution aqueuse de ce composé fournit avec le perchlorure de fer une coloration bleu violacé, disparaissant par addition d'acide chlorhydrique. Additionnée de réactif de Millon elle se colore en rouge à l'ébullition.

L'équation qui rend compte de la formation et de la constitution du composé est la suivante :

$$(1)\qquad PO^4Na^3 + 2C^6H^3-\begin{cases}OH\\SO^3H\\COOH\end{cases} = PO-\begin{cases}ONa\\OC^6H^3-\begin{cases}SO^3H\\COONa\end{cases}\\OC^6H^3-\begin{cases}SO^3H\\COONa\end{cases}\end{cases} + 2H^2O.$$

Le dosage de l'eau de cristallisation a montré que la molécule cristallise avec $2H^2O$.

Le dosage de l'acidité, en présence des indicateurs phtaléine et acide rosolique, implique deux fonctions acides.

L'estimation du soufre et du phosphore dans cette combinaison, après oxydation par le mélange de carbonate et d'azotate de potasse, montre que la constitution du produit obtenu s'accorde avec le schéma de l'équation (1). C'est un *phosphate sodo-disulfone-salicylate de soude.*

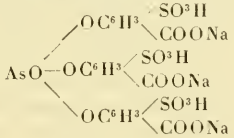
Toutefois l'équation suivante montre qu'on aurait pu aussi bien obtenir le *phospho-trisulfone-salicylate de soude :*

$$(2)\qquad PO^4Na^3 + 3C^6H^3-\begin{cases}OH\\SO^3H\\COOH\end{cases} = PO-\begin{cases}OC^6H^3-\begin{cases}SO^3H\\COONa\end{cases}\\OC^6H^3-\begin{cases}SO^3H\\COONa\end{cases}\\OC^6H^3-\begin{cases}SO^3H\\COONa\end{cases}\end{cases} + 3H^2O.$$

Mais la saturation de cette nouvelle molécule eût exigé un volume de liqueur alcaline supérieur à celui que nous avons dépensé ; de plus, dans ce dernier cas, la proportion de soufre est plus considérable et celle de phosphore moindre que les quantités de ces mêmes éléments prévues par l'équation (1) et que celles obtenues par l'analyse.

Ce qui nous laisse à penser que dans certaines conditions de concentra-

tion, de dilution et de température, on peut aussi bien obtenir la molécule ci-dessus [équation (2)], c'est qu'en faisant agir à peu près de la même façon l'acide sulfosalicylique sur l'arséniate trisodique, nous avons obtenu une combinaison arsenicale dont les dosages de l'acidité et du soufre correspondent exactement à la composition



Malheureusement, il nous a été impossible, quelles que soient les méthodes employées, d'obtenir des dosages convenables d'arsenic, la molécule se décomposant toujours avec violence à l'oxydation, ce qui donne lieu à des pertes considérables d'arsenic.

En résumé, l'action de l'acide sulfosalicylique et probablement aussi de nombreux acides organiques, sur des sels minéraux alcalins et neutres, permet de concevoir l'échange, dans certaines conditions, d'un ou plusieurs cations (identiques d'ailleurs) du sel minéral support avec un même nombre d'anions sulfosalicyliques. Il en résulte, dans le cas particulier, une nouvelle combinaison qui n'est pas un sel double.

On peut prévoir une infinité de molécules semblables minéro-organiques susceptibles de prendre naissance en vertu du même mécanisme.

BOTANIQUE. — *Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la Mission scientifique de l'Afrique occidentale) : Bois, Caoutchouc et Oléagineux.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Nos études sur la composition de la forêt vierge de la Côte d'Ivoire ont commencé en 1905. Jusqu'à cette époque aucun renseignement précis n'avait été publié sur la flore de cette immense forêt tropicale qui couvre plus de 120000$^{km^2}$ d'étendue. Au cours de nos recherches poursuivies en 1905, puis en 1907 et pendant toute l'année 1909 sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et du Gouvernement général de l'Afrique occidentale, puis de l'Académie des Sciences (Fondation Roland Bonaparte) depuis l'an dernier, nous avons cherché à inventorier les espèces végétales de la forêt.

Depuis les débuts de cette prospection jusqu'à la fin de 1909 nous avons séjourné environ 600 journées au milieu de la forêt vierge en effectuant des abattages d'arbres en vue de l'étude poursuivie dans les principales régions de ce territoire. En outre, nous avons parcouru environ 4000^{km} d'itinéraires à travers les régions où la forêt est très dense ainsi que sur sa lisière nord et sa bordure sud. Nos recherches permettront de dresser bientôt un inventaire assez complet de la végétation. Le nombre des espèces ne paraît pas dépasser 1500 à 2000. Sur ce nombre il existe environ 50 espèces d'arbres dont la taille peut atteindre et parfois dépasser 50^{m} de hauteur avec un tronc de 1^{m} à 2^{m},50 de diamètre. Les arbres s'élevant de 25^{m} à 40^{m} de hauteur sont au nombre de 150 à 200 espèces. Il existe aussi environ 150 espèces ligneuses atteignant de 10^{m} à 25^{m} de hauteur. Le reste de la végétation comprend des arbustes de sous-bois, des lianes ligneuses herbacées grimpantes, de nombreux épiphytes (orchidées, quelques bégonias et quelques mélastomacées, divers ficus), enfin un nombre restreint de plantes herbacées vivant sous l'ombrage des arbres.

Les indigènes de la forêt de l'Afrique occidentale n'en tirent qu'un parti restreint, mais notre industrie européenne sera nécessairement amenée à exploiter les nombreuses ressources qui y existent.

L'exploitation du caoutchouc, de l'huile fournie par le palmier *Elaëis*, enfin du bois d'acajou provenant du *Khaya ivorensis* A. Chev. est commencée depuis longtemps.

Mais ces matières premières ne représentent qu'une partie restreinte des produits utilisables ainsi que le montre le Tableau suivant.

Bois. — A la suite de la mission de 1907, plus de 170 espèces arborescentes furent examinées au point de vue botanique et industriel. Les résultats de ces études ont été publiés récemment. En 1909 nous avons précisé l'aire de chaque espèce et déterminé son degré de fréquence. Nous avons en outre étudié une cinquantaine d'espèces qui n'avaient pas encore été observées.

Les espèces fournissant les plus beaux bois appartiennent aux familles suivantes :

Méliacées (Khaya, Entandrophragma, Trichilia, Bingeria); Légumineuses (Lonchocarpus, Berlinia, Macrolobium, Detarium); Combretacées (Terminalia); Guttifères (Ochrocarpus, Symphonia); Sapotacées (Dumoria, Chrysophyllum); Apocynées (Alstonia); Artocarpées (Chlorophora, Antiaris); Sterculiacées (Cola proteiformis); Mansoniées (Triplochiton, Achantia); Euphorbiacées (Uapaca, Oldfieldia, Hasskarlia).

Les bois les plus remarquables se rapportent aux catégories dénommées dans l'industrie, acajou, palissandre, gaïac, teck, chêne, bois blanc, okoumé, buis, cèdre. On sait que chacune de ces appellations désigne souvent des

bois d'origines botaniques très différentes, mais ayant des propriétés analogues.

Caoutchouc. — L'espèce productrice par excellence du caoutchouc de la forêt de la Côte d'Ivoire est le *Funtumia elastica* Stapf sur lequel nous avons recueilli des documents nombreux qui seront publiés ultérieurement. En second lieu viennent les lianes *Landolphia owariensis* P. B., puis *Clitandra elastica* A. Chev. et *Clitandra micrantha* A. Chev., ces deux dernières n'étant que des formes du *Clitandra orientalis* K. Schum.

En dernier lieu il faut énumérer un assez grand nombre d'arbres et de lianes dont le latex fournit un coagulum de qualité inférieure n'ayant qu'une faible teneur en caoutchouc, mais que les indigènes de quelques régions mélangent aujourd'hui au coagulum de Funtumia pour en obtenir un produit commercial nommé *lump*. Ces végétaux sont :

Trois ou quatre espèces de *Ficus* et en particulier *F. Vogelii* Miq.; quatre autres urticacées : *Chlorophora excelsa* Welw., *Antiaris toxicaria* Lesch. *var. africana* Scott-Elliot, *Pontya excelsa* A. Chev., *Morus mesozygia* Stapf; des apocinées : *Alstonia congensis* Engler, *Funtumia africana* Stapf, *Carpodinus dulcis* Hua ; une euphorbiacée, *Elæophorbia drupacea* Stapf; une sapotacée, *Malacantha robusta* A. Chev.

Depuis peu de temps les indigènes coagulent ces mélanges de latex soit avec une solution de savon, soit par l'adjonction en très faibles proportions des latex d'apocynées des genres *Strophanthus* et *Alafia*. L'arbre à caoutchouc de Para (*Hevea brasiliensis*), introduit en 1897 dans la région côtière, réussit dans les points où on l'a planté, et sa culture doit être encouragée jusqu'au septième degré de latitude.

Oléagineux. — Le palmier à huile (*Elæis guinéensis*) est une plante domestiquée plutôt que spontanée, mais il se multiplie seul partout où l'homme l'a planté une première fois et il persiste sur l'emplacement des anciennes cultures, de sorte qu'on le rencontre parfois loin des villages actuels et en pleine forêt. Il présente cinq ou six variétés dont une particulièrement précieuse, le *Cérédi*, donnant des fruits à péricarpe épais et à graines la plupart avortées, de sorte que le noyau est remplacé par une masse fibro-pulpeuse gorgée d'huile.

D'autres essences de la forêt contiennent des substances grasses en fortes proportions dans leurs graines. Nous avons déjà signalé à ce point de vue le *Dumoria Heckeli* A. Chev., sapotacée géante voisine des *Mimusops* [1]. Dans

---

[1] *Comptes rendus*, 1907.

la même famille, les *Chrysophyllum*, les *Pachystela* et les *Omphalocarpum*, dont il existe des représentants à la Côte d'Ivoire, ont des amandes utilisables. Enfin, parmi les arbres à graines oléagineuses communs dans la forêt, nous devons encore citer : deux *Carapa* (méliacées), deux *Pentadesma* et un *Allamblackia* (guttifères), un *Pentaclethra* (légumineuse), le *Lophira procera* A. Chev. (lophiracée), un *Irvingia* et un *Balanites*, le *Coula edulis* Baillon et l'*Ongokea Klaineana* Pierre (olacinées), le *Treculia africana* Dene. (artocarpée), le *Ricinodendron africana* Bn. (euphorbiacée), le *Pycnanthus Kombo* (myristicacée), enfin une liane de la famille des Cucurbitacées de très grande taille : le *Telfairia occidentalis* Hook. f.

BOTANIQUE. — *Sur une forme nouvelle de Nigelle*, Nigella damascena polycephala, *obtenue après une mutilation*. Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'espèce *Nigella damascena* L. est souvent cultivée dans les jardins à cause de ses fleurs d'un bleu pâle et de son feuillage très découpé. On en connaît des variétés à fleurs blanches, d'autres à fleurs doubles, qui souvent se multiplient spontanément par graines dans les jardins. La plante qui me servit de point de départ pour ces essais fut observée en 1906 dans un jardin potager où l'on n'avait d'ailleurs pas fait de semis de cette espèce depuis plusieurs années. Elle était seule de son espèce et j'en récoltai les graines pour cette raison, parce qu'elles devaient provenir d'une autofécondation. Les fleurs d'un bleu pâle étaient simples; aucune particularité autre que le nombre élevé des carpelles (7 au lieu de 5) de la fleur portée par la tige principale ne put être reconnue.

Les graines semées en 1907 à Bourg-la-Reine, dans le champ d'expériences, donnèrent des plantules peu étudiées à la germination, si bien qu'il m'est impossible de dire s'il ne se trouvait point parmi les plantules à 2 cotylédons quelques-unes à 3 cotylédons. En juin, les tiges déjà fortes furent coupées au ras du sol avant l'épanouissement des boutons floraux des tiges terminales et, sur les rejets, il se développa des fleurs monstrueuses à sépales et à pétales surnuméraires, surtout à carpelles très nombreux. Sur un fruit, on pouvait compter 11 carpelles groupés en deux verticilles compacts, emboîtés l'un dans l'autre; une autre fleur avait 9 carpelles distribués en deux fruits et donnait l'impression qu'elle résultait de l'accolement de deux fleurs normales à 5 et à 4 carpelles. Dans plusieurs cas aussi, en plus du fruit médian, des carpelles isolés et fermés sur eux-mêmes, ayant l'aspect du fruit mono-

carpellaire de *Delphinium* ou tordus en spirale, pouvaient faire croire à une déviation plus irrégulière encore.

Ces anomalies ont déjà été signalées par plusieurs auteurs. Penzig [1] les classe selon les descriptions plus ou moins complètes données par les observateurs, soit sous le titre de *métamorphose d'étamines en carpelles libres* (Jaeger), soit sous celui de *multiplication anormale du nombre des carpelles* (F.-L. von Schlechtendal), soit même de *prolifération centrale*, sans que le mot soit écrit, car d'après Duchartre [2], les carpelles du *N. damascena* qu'il a observé « laissaient entre eux une cavité où était logé un second verticille carpellaire ». La désignation exacte de ces anomalies a un certain intérêt, en ce sens qu'il y a lieu de chercher si, sous l'influence de la section, il y a eu métamorphoses d'étamines en carpelles comme dans les expériences de Klebs [3] sur le *Sempervirum* ou si seulement le nombre des carpelles a été augmenté par la surnutrition des bourgeons floraux portés par les rejets. L'hypothèse de la métamorphose se soutient principalement dans les cas où les carpelles surnuméraires sont isolés, mais dans aucun des exemples suivis depuis 1907 je n'ai pu observer une étamine partiellement transformée en carpelle, ou même en lobe foliacé. Or ces cas transitoires sont fréquents et accompagnent généralement les véritables métamorphoses. L'anomalie doit donc être, à mon avis, distinguée de la variation stable et complètement héréditaire présentée par le *Papaver somniferum polycephalum*, où la métamorphose est évidente, mais rapprochée des dissociations incomplètes, avec quelques cas de soudures propres aux fascies [4].

L'étude de la transmission héréditaire, incomplète malgré l'autofécondation et irrégulière selon les lignées, confirme cette interprétation. Les cultures de 1908 étaient réparties en quatre lots désignés dans les livres de cultures sous les lettres A_1, A_2 et B_1, B_2. Dans chacun d'eux, après le semis, j'ai compté les plantules tricotylées, d'ordinaire très rares dans cette espèce [5] et les résultats sont tout à fait concluants.

Lot.	Plantules levées.	Tricotylées.	Pourcentage.
A_1	85	4	4,7
A_2	72	7	9,7
B_1	42	3	7,1
B_2	37	1	2,7

---

(1) O. Penzig, *Pflanzenteratologie*, t. I. Genua, 1890.

(2) Duchartre, *Bulletin Soc. botanique de France*, t. VI, 1859, p. 271.

(3) G. Klebs, *Ueber Variationen der Blüten*, 1905. Dans ce Mémoire, j'ai fait remarquer (*C. R. Société de Biologie Paris*, t. LIX, p. 454) les variations qu'on pouvait attribuer à une mutilation et G. Klebs, dans un Mémoire publié en 1906 : *Ueber künstliche Metamorphosen* (*Abh. der naturf. Gesell. zu Halle*, t. XXV), accepte cette interprétation.

(4) L. Blaringhem, *Mutation et traumatismes*, 1907, p. 88-92.

(5) H. de Vries, pour 10000 plantules de *Nigella hispanica alba*, a trouvé 15 cas de tricotylie; il n'en observa aucun dans les semis qu'il fit de *Nigella damascena*. (*Mutationstheorie*, t. II, Leipzig, 1903, p. 239).

Or les recherches de M. H. de Vries [1] sur la transmission héréditaire des fascies et des torsions ont montré une liaison nette entre ces anomalies et les déviations des plantules, en particulier en ce qui concerne le nombre des cotylédons.

L'hérédité du caractère anormal lui-même est assez difficile à évaluer. Il faudrait la déterminer, soit par le nombre des carpelles surnuméraires, soit par leur mode de groupement en un ou plusieurs fruits, ou encore par le nombre de rameaux pour une plante portant des fleurs ou des fruits anormaux. Toutes ces catégories donnent des pourcentages de plantes anormales différentes et doivent être décrites dans des Tableaux détaillés.

La moyenne du nombre des carpelles des fleurs portées par les tiges principales (celle des rameaux latéraux est moins élevée) fut, pour les quatre lots cultivés en 1908, 7 avec les chiffres extrêmes 4 et 14. La fleur qui offrait 14 carpelles montrait deux verticilles emboîtés de 7 carpelles extérieurs très développés remplis de graines et de 7 carpelles intérieurs dont 3 assez développés pour renfermer plusieurs graines fertiles; 3 fleurs à 13 carpelles ont été observées dans la même culture, l'une ayant les caractères de la précédente et correspondant à une prolifération, les deux autres offrant une dissociation en trois groupes (6, 4 et 3 carpelles dans un cas; 5, 5 et 3 dans l'autre cas).

En 1909, dix lots types provenant de plantes à fruits prolifères ou dissociés dont six avec tricotylie montrèrent une transmission du caractère plus accentuée encore qu'en 1908. Ce qui prouve l'obtention, à la suite de mutilation, d'une race instable de *Nigella damascena polycephala* caractérisée par la multiplication extrême du nombre des carpelles et la dissociation des fruits en groupes verticillés superposés (prolifération apparente) ou en groupes disjoints (soudure apparente caractéristique des fascies).

Une autre déviation, apparue dans cette lignée en 1907 et non signalée jusqu'ici, à ma connaissance, caractérise la forme *Nigella damascena cristata*.

BOTANIQUE. — *Sur l'exploitation agricole, dans les Bouches-du-Rhône, d'une espèce de* Typha *spontanée, non signalée en France* (T. angustata). Note de M. **J.-B. Gèze**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On exploite dans les marais de Fos (Bouches-du-Rhône), des *Massettes* (*Typha*) dont on distingue sept variétés : trois *Pavies* (*blanche*, *rousse*,

---

[1] H. de Vries, *Eine Methode Zwangsdrehungen aufzusuchen* (*Ber. d. deut. bot. Gesellsch.*, t. XII, 1892, p. 25) et *Sur la culture des monstruosités* (Paris, *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 125).

noire), dont les feuilles servent à l'empaillage des chaises communes; trois *Boutards* (*blanc*, *roux*, *noir*), dont les feuilles et les tiges sont utilisées pour garnir les joints des douves de tonneaux, et enfin le *Pavel*, qu'on emploie pour des engins de pêche. Les variétés les plus appréciées sont la *Pavie blanche* (18fr à 20fr les 100kg secs) et le *Boutard blanc* (15fr à 18fr); la *Pavie rousse* vaut seulement 10fr à 15fr, et le *Boutard roux*, 8fr à 10fr. Quant à la *Pavie noire* et au *Boutard noir*, on ne les récolte que les années où les variétés précédentes font défaut. Cette exploitation n'a jamais été étudiée jusqu'ici.

Grâce au concours dévoué de MM. Nussbaum, ingénieur, et Icardent, chef mécanicien, à Fos, j'ai pu cultiver depuis 2 ans, près de Toulouse, ces sept variétés de *Typha* et en examiner de nombreux exemplaires, envoyés à diverses époques. L'observation suivie des phases de la végétation et l'étude anatomique de plusieurs centaines d'échantillons m'ont amené aux conclusions suivantes :

1° La *Pavie blanche* est le *Typha angustata* Bory et Chaubard (= *T. æqualis* Schnizlein), espèce répandue dans la région orientale de la Méditerranée (Grèce, Asie Mineure, Egypte, etc.) et de là vers l'Est jusqu'au Japon ; la Grèce est, jusqu'ici, le pays le plus rapproché où on l'ait trouvée.

2° Le *Boutard blanc* est aussi un *Typha angustata*, probablement la variété *abyssinica* (Graebner, 1900), signalée seulement en Abyssinie.

3° La *Pavie noire*, le *Pavel* et le *Boutard noir* sont des formes plus ou moins développées, suivant la nature et la profondeur de l'eau et peut-être du sol, du *Typha angustifolia* L., commun en France. Le *T. latifolia* L., plus rare dans les marais de Fos, y est appelé aussi *Boutard noir*.

4° Enfin la *Pavie rousse* et le *Boutard roux* semblent être des formes dérivées de la *Pavie blanche* et du *Boutard blanc*, dont on les distingue difficilement, plutôt que des hybrides, *T. angustata* × *angustifolia*.

Le Dr Kronfeld, auteur de la monographie la plus complète du genre *Typha* (Vienne, 1889), a bien voulu contrôler ma détermination de la *Pavie blanche*, et l'a confirmée avec une absolue certitude.

Je signalerai seulement, au sujet du *Typha angustata*, quelques détails inédits, que j'ai observés sur la *Pavie blanche*, pour compléter les Monographies des Drs Kronfeld (1889) et Græbner (1900).

Espace vide entre les épis mâle et femelle : 6mm-22mm, moy. 13mm. Grains de pollen isolés, de 13μ-32μ, moy. 18μ-28μ de diamètre.

Épi femelle brun *pâle*, « couleur cuir saupoudré de blanc » (Schnizlein); teinte plus claire au début de la saison, correspondant aux nos 128, 142, du code des couleurs de Klincsieck (1908) (série du 3e orangé de Chevreul, c'est-à-dire tirant sur

le jaune); plus tard, n°s 103, 108, le plus souvent 103 (série de l'orangé). Fleur femelle toujours accompagnée d'une *bractéole* aplatie, à tête ovale-spatulée aiguë brunâtre, large de $0^{mm},06$-$0^{mm},14$ ($-0^{mm},18$), nettement distincte du pédicule, et souvent brusquement rétrécie en une *longue pointe* terminale *filiforme* plus ou moins flexueuse atteignant $0^{mm},5$ de long sur 25^{μ}-30^{μ} de large seulement. *Poils* du gynophore larges de 6^{μ}-13^{μ}, blancs ou roussâtre clair, à extrémité aiguë ou quelquefois légèrement renflée (15^{μ}-30^{μ}) sur $0^{mm},2$-$0^{mm},5$ de long, parfois colorée en jaune orangé clair; *plus courts que la bractéole* qui les dépasse quelquefois de toute la tête ($0^{mm},2$-$0^{mm},6$). *Stigmate* linéaire, de teinte rouille, large de $0^{mm},04$-$0^{mm},08$ ($-0^{mm},10$), souvent courbé en faucille, plus ou moins nettement crénelé sur le dos; *dépassant peu* [$0^{mm},2$-$1^{mm},0$ (moy. $0^{mm},5$)] *les poils*, guère plus que la bractéole. Dimensions des protubérances de l'axe femelle (sur lesquelles sont insérées les fleurs) : hauteur $0^{mm},60$-$0^{mm},80$ ($-1^{mm},04$); largeur à la base $0^{mm},20$-$0^{mm},40$ ($-0^{mm},56$); au sommet, $0^{mm},15$-$0^{mm},32$.

Feuilles des tiges florifères larges de 4^{mm}-10^{mm}, convexes à l'extérieur, planes ou parfois faiblement concaves à l'intérieur, souvent demi-cylindriques vers le bas du limbe; dépassant peu (15^{cm} en moyenne), ou même pas, le sommet de l'épi mâle; *glauques* (vert gris pruiné); devenant fauve clair blanchâtre en séchant sur pied (d'où probablement le nom de *Pavie blanche, Boutard blanc*). Floraison : juin-juillet (en Grèce), 15 juillet-fin août (Fos, Toulouse, où les fruits n'arrivent pas toujours à parfaite maturité).

Le *Typha angustifolia* L., espèce la plus voisine du T. *angustata*, s'en distingue : 1° de loin, par ses feuilles vertes, non glauques, devenant brun noirâtre en séchant (d'où le nom de *Pavie noire*, *Boutard noir*); par la teinte plus foncée de ses épis femelles, tirant sur le rouge : n°s 53, 58 (série du rouge orangé), 78, 79 (série du 3e rouge orangé), du code des couleurs; 2° de près, par ses protubérances, dont la hauteur n'atteint presque jamais $0^{mm},6$; par ses stigmates, dépassant longuement (1^{mm}-3^{mm}) les poils; par ses bractéoles, dont la tête arrondie, ou aiguë, mais jamais brusquement rétrécie en longue pointe filiforme, ne dépasse ordinairement pas les poils; 3° par sa floraison plus précoce (de 5 à 6 semaines, à Toulouse).

Le *Boutard blanc* diffère de la *Pavie blanche* par un plus grand développement de toutes ses parties, et surtout par ses feuilles obtusément triquètres vers la base, caractère du T. *angustata* var. γ *abyssinica* Graebner (1900); le caractère essentiel de cette variété γ est d'avoir les fruits seulement 2 à 3 fois plus longs que larges (dans le type, ce rapport va de 3 à 5). Je n'ai pas observé des fruits de *Boutard blanc* complètement mûrs, et n'en ai trouvé que très peu dont les dimensions répondent à celles de la variété γ; mais comme, en se rapprochant de la maturité, la largeur des fruits augmente seule, je crois pouvoir attribuer le *Boutard blanc* au *T. angustata* var. γ *abyssinica*. Cette variété n'a été signalée que dans les marais des

sources du Nil (Nil blanc et Nil bleu) et en divers points de l'Abyssinie, où il est fréquent.

La *Pavie blanche* et le *Boutard blanc* sont localisés dans les marais de Fos alimentés uniquement par de l'eau douce (eau limoneuse du Rhône) (étangs de Landres, de Ligagneau, de l'Étourneau) et dans les canaux en relation avec eux. Ces deux plantes sont beaucoup plus sensibles que les autres espèces au froid, qui rend certaines années leur production presque nulle; elles craignent l'eau salée, aussi ne les trouve-t-on pas dans l'étang de Galéjon, où pénètre un peu d'eau de mer, et où les autres *Typha* (surtout T. *angustifolia*) existent seuls.

La présence du *Typha angustata* dans une station restreinte comme les marais de Fos, où il n'est même pas certain qu'il se reproduise par le semis, peut être due au transport des graines par l'eau, les oiseaux, les poissons, le vent surtout, qui emporte au loin les fruits minuscules à grandes aigrettes des *Typha*, mais il ne semble pas impossible d'attribuer cet apport aux navires qui, venant de la Méditerranée orientale, se rendaient en grand nombre, pendant plus de six siècles, à Arles, la Rome gauloise, par le canal maritime (*Fossæ Marianæ*), creusé l'an 103 avant J.-C., à travers les marais de Fos. D'Alexandrie a pu venir ainsi la variété *abyssinica*. Les fruits à longs poils des *Typha* donnent un duvet encore utilisé, dans certains pays, pour rembourrer des coussins, d'un usage beaucoup plus fréquent autrefois qu'aujourd'hui; le *Typha angustata* est peut-être arrivé à Fos sous cette forme.

La Note qui précède a une conséquence pratique importante; il sera inutile d'essayer, en dehors des marais de Fos, d'obtenir, par des soins spéciaux dans l'exploitation des *Typha* pour l'industrie, les qualités qui font la supériorité de la *Pavie blanche* et du *Boutard blanc*, si l'on ne plante pas l'espèce *Typha angustata*, et l'on n'aura des chances de réussir que dans un pays relativement chaud; on échouerait probablement sous un climat plus froid que celui de Fos.

PARASITOLOGIE. — *Cnidosporidies des larves d'Éphémères.* Note de MM. **L. Léger** et **Ed. Hesse**.

Nous avons rencontré dans les larves d'*Ephemera vulgata* L., trois genres différents de Cnidosporidies : l'un vit exclusivement dans les cellules épithéliales de l'intestin, c'est un *Nosema* typique qui paraît déjà avoir été

observé par Schneider, nous le désignerons sous le nom de *N. Schneideri*. Le deuxième, localisé dans les corps graisseux, rentre également dans les Microsporidies. Le type singulier de sa sporulation nous engage à créer pour lui un genre nouveau; nous l'appellerons *Stempellia mutabilis*. Le troisième habite comme le précédent le tissu adipeux; il présente à la fois des caractères de Micro- et de Myxosporidie, nous le nommerons *Telomyxa glugeiformis*, et nous discuterons plus loin sa position systématique.

Nosema Schneideri peut coexister avec l'une ou l'autre des deux autres formes, mais ces deux dernières, habitant le tissu graisseux, s'excluent mutuellement.

Nosema Schneideri (1) n. sp. — Le *Nosema Schneideri* se développe dans les cellules épithéliales de l'intestin au moyen de la larve d'Éphémère qu'il envahit parfois en totalité et où il évolue selon le type monosporé qui caractérise ce genre. Les schizontes sphériques, de 2^{μ} de diamètre, se multiplient activement par division binaire et, finalement, la cellule est remplie de sporontes monosporés et de spores qui la distendent. Puis les spores mûres tombent par paquets dans la cavité intestinale. Ces spores sont ovoïdes, de 4^{μ} sur 2^{μ}, avec un long filament de 90^{μ}. Le pôle par lequel s'échappe le filament montre une petite calotte chromatique. Le parasite ne semble pas provoquer une hypertrophie notable de la cellule hôte dont il respecte le noyau.

Stempellia mutabilis n. g., n. sp. — *Stempellia mutabilis* se développe exclusivement dans le corps graisseux et se présente, au terme de son évolution, sous forme de kystes sphériques ou ovoïdes disséminés dans le tissu adipeux et autour desquels les cellules épargnées réagissent en formant une enveloppe conjonctive assez épaisse. Dans chacun de ces kystes de dimensions variées, mais souvent de grande taille (jusqu'à 120^{μ}), se voient de nombreux parasites, la plupart au stade de sporontes aux divers états de leur développement. Ces sporontes présentent cette particularité extrêmement remarquable d'évoluer, les uns vers le type octosporé (*Thelohania*), les autres (en nombre à peu près égal aux précédents) vers le type tétrasporé (*Gurleya*), d'autres enfin, plus rares, vers le type disporé (*Perezia*), ou monosporé (*Nosema*).

La distinction entre tous ces genres de Microsporidies étant, comme on le sait, basée sur le nombre des spores produites par chaque sporonte, il n'y a aucune raison pour faire rentrer notre parasite plutôt dans l'un que dans l'autre, et nous créérons pour lui le genre *Stempellia* (dédié au protistologue Stempell).

La taille des spores varie de 2^{μ} à 6^{μ}; ce sont les spores isolées qui sont le plus volumineuses; celles qui sont groupées suivant le type *Gurleya* sont piriformes, les autres sont en général ovoïdes.

Au terme de leur développement, les kystes peuvent tomber dans la cavité générale,

---

(1) Lutz et Splendore en 1908 ont signalé dans l'intestin de larves d'*Éphémérides* du Brésil, deux variétés de Microsporidies qu'ils rapportent au genre *Nosema*. La diagnose qu'ils en donnent est insuffisante et la détermination de l'hôte trop imprécise pour qu'il soit possible d'en tenir compte.

et, à un examen superficiel, on pourrait les prendre pour de grosses *Glugea* dans lesquelles les spores seraient groupées suivant les types les plus divers; mais une observation plus attentive montre, parmi les sporontes avec leurs groupements variés de spores, des stades végétatifs à contour à peine visible et de nombreux noyaux dégénérés de cellules adipeuses détruites par le parasite.

Telomyxa glugeiformis n. g., n. sp. — De même que l'espèce précédente, *Telomyxa glugeiformis* se rencontre dans le corps graisseux des larves d'Éphémère. Au terme de son développement, le parasite se substitue complètement à ce tissu, sans que celui-ci réagisse contre l'envahissement. Tous les autres organes sont respectés. Les larves fortement infestées sont d'un blanc crayeux; leurs mouvements sont très indolents, et elles finissent par périr. Le parasite se montre alors sous forme de spores innombrables, remplissant le tissu envahi, tantôt libres, tantôt groupées en sphérules de 8, 16 ou *n* éléments, dont chacune représente le terme de l'évolution d'un sporonte.

Les spores mûres examinées *in vivo* sont ovoïdes, brillantes, réfringentes et ne montrent aucun détail de structure. Elles ont l'aspect des spores de Microsporidies, avec une taille toutefois un peu plus grande ($6^{\mu},50$ sur 4^{μ}) et, pour la plupart, leurs deux pôles semblables et arrondis, ce qui leur donne un contour elliptique.

Après fixation et coloration, on constate que la spore présente deux capsules polaires volumineuses, placées bout à bout et la remplissant presque complètement, laissant seulement dans la zone équatoriale, autour de leur point de contact, un étroit espace annulaire retenant fortement la couleur et dans lequel se trouve le germe décelé par deux noyaux punctiformes. On distingue en outre, mais plus difficilement, deux minuscules noyaux valvaires et deux noyaux capsulaires. Dans chaque capsule se trouve un long et grêle filament de 90^{μ} environ. Les filaments s'échappent par les pôles opposés, parfois latéralement.

Par la taille, la forme et l'aspect général de ses spores, la petitesse des noyaux du germe et des noyaux accessoires, l'invisibilité des capsules à l'état frais, la longueur des filaments, le mode de sporulation (trophozoïte se transformant complètement en 8 ou *n* spores à la fin de son évolution), le caractère de son parasitisme infiltrant puis généralisé dans la totalité d'un même tissu, enfin son siège dans un Insecte, le *Telomyxa* est une Microsporidie ou Cryptocyste. Mais d'autre part ses spores à deux capsules le classent dans les Myxosporidies s. str. (Phénocystes).

Telomyxa présente donc à la fois des caractères de Micro- et de Myxosporidie; à ce titre il mérite de constituer une famille transitionnelle (la famille des *Telomyxidæ* que l'on rattachera à l'un ou l'autre de ces deux ordres, selon que l'on donnera la prépondérance au nombre des capsules (class. artificielle) ou à l'ensemble des caractères évolutifs (class. naturelle). Nous discuterons plus longuement cette question en donnant les figures de cette importante espèce. Pour le moment nous ferons seulement remarquer

combien est fragile la barrière établie par les classiques actuels entre les Phéno- et les Cryptocystes (Myxo- et Microsporidies). Elle est aujourd'hui, en effet, franchissable par deux voies différentes : par *Telomyxa* d'une part, avec ses spores dicapsulées et ses caractères microsporidiens; par *Coccomyxa* d'autre part, avec ses spores monocapsulées et ses caractères myxosporidiens.

ZOOLOGIE. — *Sur une jeune Spirule.* Note de M. **L. Joubin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Au cours d'une des dernières croisières du prince de Monaco une jeune Spirule fut prise dans le filet bathypélagique, descendu à 3000^{m}, au sud-ouest des îles Canaries.

On sait que quelques exemplaires adultes seulement de cet animal sont connus et que jusqu'à présent personne n'a vu ni les œufs ni les jeunes de ce Céphalopode. Cette lacune est d'autant plus regrettable que cet animal est d'un grand intérêt, représentant le seul actuellement survivant des Céphalopodes à coquille cloisonnée interne.

D'après ce qu'on sait de la dimension du follicule ovulaire de l'adulte, l'œuf doit être assez gros, et comme la Spirule que j'ai étudiée a un peu plus de 5^{mm} de long elle peut être considérée comme naissante.

Les points suivants ont pu être constatés sans détériorer l'unique échantillon :

La coquille qui n'a que six loges, formant presque un tour, est complètement recouverte par le manteau, et nulle part elle n'apparaît à nu à l'extérieur, contrairement à ce qui existe chez l'adulte. Les chromatophores sont disséminés sur cette surface palléale qui recouvre la coquille comme sur tout le reste du manteau.

Pelsener avait supposé que la coquille devait se former extérieurement en arrière du corps et être ensuite recouverte par deux prolongements latéraux du manteau, se soudant finalement en arrière, en laissant ouvertes deux fentes, l'une dorsale, l'autre ventrale, par lesquelles les loges calcaires de la coquille apparaissent à l'extérieur chez l'adulte. Il n'en est rien puisque chez la jeune Spirule la coquille est entièrement sous-cutanée; les fentes ne se produisent donc que secondairement et l'invagination précoquillère, très tôt fermée, est immédiatement sous-palléale.

Chez l'adulte la coquille est masquée latéralement par deux gros diverticules latéraux de la cavité générale, contenant les viscères, descendant jusqu'en arrière du corps et déterminant par refoulement la position terminale des nageoires. Chez le jeune ces deux poches manquent complètement, ce qui permet de distinguer par transparence la spire entière de la coquille; ces deux poches, diverticules de la cavité générale

viscérale, ne se forment donc que plus tard, probablement à l'époque de la maturité sexuelle.

Il en résulte que chez le jeune les nageoires ne sont pas terminales, mais latérales, et insérées de part et d'autre du corps sur le centre de la coquille.

Cette position des nageoires est donc acquise secondairement chez l'adulte où elles ne sont séparées l'une de l'autre, tout à fait à l'arrière du corps, que par une ventouse impaire, médiane et postérieure qui n'a d'homologue dans aucun autre Céphalopode. Or chez la jeune Spirule cette ventouse manque totalement ; il n'y en a aucune apparence sur le manteau qui, à cette place, est lisse, mince, transparent. Cette ventouse ne se forme donc que beaucoup plus tard.

Le bord du manteau qui chez l'adulte est pourvu de trois pointes fortement saillantes, deux ventrales et une dorsale, est complètement lisse chez le jeune.

Les tentacules de l'adulte sont plus longs que tout le corps ; chez le jeune ils ne dépassent pas les autres bras et contribuent à former avec eux une couronne à peu près régulière de dix petits bourgeons autour de la bouche ; celle-ci, pourvue d'une forte paire de mandibules cornées, est très saillante et enveloppée d'une forte lèvre.

Les yeux, chez l'adulte, d'après le dessin fait par Chun de la seule Spirule qui ait été vue vivante, ont tout à fait l'aspect dit *télescopique*, caractéristique de beaucoup d'animaux abyssaux ; chez le jeune, les yeux sont plus aplatis. La disposition télescopique ne s'acquiert donc que plus tard, ce qui concorde avec les observations que Brauer a faites récemment sur de jeunes Poissons de grande profondeur.

ZOOLOGIE. — *Action physiologique du mucus des Batraciens sur ces animaux eux-mêmes et sur les Serpents; cette action est la même que celle du venin de Vipère.* Note [1] de Mme **Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

I. *Action du mucus de la Grenouille verte sur elle-même.* — L'expérience directe montre qu'on peut envenimer un Batracien déterminé avec son mucus, comme on peut empoisonner un animal venimeux quelconque avec son propre venin.

Paul Bert avait déjà vu que le produit du raclage de la peau dorsale du cou d'une dizaine de Grenouilles vertes, introduit sous la peau, détermine une action convulsivante sur les muscles et sur le cœur, et entraîne la mort aussi bien de la Grenouille verte elle-même que du Chardonneret.

Mais le produit du raclage, en raison du lieu où il a été prélevé, était sans doute un mélange des deux sécrétions cutanées; car si l'on répète la

[1] Présentée dans la séance du 7 février 1910.

même expérience en employant soit l'eau de lavage des animaux en sudation, soit l'eau de macération de peau du ventre, on n'observe plus, sur la Grenouille et le Moineau, que les effets stupéfiants et paralysants du mucus, et pas de convulsions. Le mucus correspondant à cinq Grenouilles tue l'une d'entre elles en 1 heure, par inoculation dans le péritoine.

II. *Action réciproque du mucus sur les Batraciens.* — La Grenouille verte, qui succombe à une forte dose de son propre mucus, est semblablement envenimée par celui de la plupart des autres Batraciens (Salamandre du Japon, Salamandre terrestre, Triton, Alyte, Crapaud, Discoglosse, Rainette verte, Crapaud sonneur); j'ai constaté en outre qu'il suffit du mucus correspondant à la peau ventrale d'un Axolotl pour la faire mourir en 9 heures, avec arrêt du cœur en systole.

Cette action systolique, quoique incomplète, est constante chez la Grenouille verte et la Salamandre terrestre; c'est un épiphénomène dû, comme les nausées, à la sensibilité individuelle de ces animaux, au venin dorsal de l'Axolotl, dont il existe inévitablement des traces dans les préparations fraîches de mucus.

Ce qui le montre, c'est que le cœur de la Grenouille est arrêté en diastole par le mucus de la plupart des autres Batraciens, et que les mêmes préparations de mucus d'Axolotl manifestent des propriétés diastoliques vis-à-vis des autres animaux réactifs.

3° *Action du mucus des Batraciens sur les Serpents.* — Ce sont les venins muqueux de Triton et d'Alyte qui se montrent les plus nocifs vis-à-vis des Serpents, car il suffit de l'eau de lavage d'un seul Triton crêté, ou d'un tout jeune Alyte qui vient de se transformer, pour tuer en moins d'une heure une Vipère aspic pesant de 50^g à 60^g. Les mucus de Salamandre terrestre et de Discoglosse peint se montrent les moins toxiques; et, entre ces extrêmes, se placent les mucus de Grenouille verte, de Pélobate Cultripède et d'Axolotl qui tuent la Vipère en 1 à 5 jours.

Les quantités de mucus correspondant à trois Grenouilles, à trois Pélobates et à une peau de ventre d'Axolotl, qui tuent la Vipère aspic, n'ont aucun effet appréciable sur la Couleuvre vipérine.

Les symptômes déterminés par le mucus des Batraciens sont identiques sur ces animaux eux-mêmes et sur les Serpents. Le Tableau suivant résume son action et les conditions de l'envenimation pour les venins d'Alyte, de Triton et de Salamandre, et dans ce Tableau, on voit que les chiffres qui expriment la résistance de 1^{kg} d'animal réactif sont quelquefois plus élevés pour les Serpents que pour les Batraciens.

Action comparée du mucus d'Alyte, de Triton et de Salamandre sur les Batraciens et les Serpents.

	Poids en gr.	Doses de mucus frais.	Lieu de l'inoculation.	Mode d'arrêt du cœur. — Ventricule.	Durée de la survie.	Résist. pour 1kg d'animal.
			1° *Mucus de Triton cristatus :*			
					h m	
Bufo bufo.....	58	Eau lav. $\frac{3}{5}$ de Triton	Sac lymp. dorsal	en systole	1.50	1
Rana esculenta.....	22	Macér. $\frac{1}{3}$ de peau	Abdomen	en diastole	0.15	1,45
Vipera aspis.....	96	Eau lav. 1 Triton $\frac{1}{2}$	Sous la peau	»	2.15	1,51
Pélobates cultripes...	28	»	Sac dorsal	en systole	1.05	5,15
			2° *Mucus d'Alytes obstetricans :*			
Salamandra maculosa.	23	Eau lav. $\frac{1}{10}$ Alyte	Sous la peau	en systole	2 »	1
Bufo bufo.....	34	» $\frac{1}{2}$ »	»	»	1.45	3,5
Vipera aspis.....	49	» 1 »	»	en diastole	0.53	5,1
Rana esculenta.....	10	» $\frac{1}{2}$ »	Sac dorsal	»	0.57	11,6
Tropidonotus natrix.	19	» 1 »	Sous la peau	»	0.55	12
			3° *Mucus de Salamandra maculosa :*			
Vipera aspis.....	50	Eau lav. 3 Sal.	Abdomen	en diastole	2 jours	1
Tropidonotus natrix.	50	» 6 »	»		guérison	
Rana esculenta.....	25	» 15 »	Sac dorsal	»		10

Résumé des symptômes et des lésions. — Agitation pendant quelques minutes avec les doses moyennes ; stupeur immédiate avec les fortes doses. Ralentissement respiratoire avec intermittences jusqu'à l'arrêt complet qui entraîne la mort. Mydriase, paralysie ascendante, précoce et progressive. Affaiblissement, puis extinction de l'excitabilité réflexe. Affaiblissement des battements cardiaques. Arrêt du cœur, ventricule en diastole.

Exception : nausées, arrêt du cœur en systole, symptômes surajoutés du venin granuleux ; mais pas de convulsions.

Lésions hémorragiques dans les muscles, le myocarde ventriculaire, le tissu conjonctif, le tube digestif, le foie, les reins, moins intenses qu'avec le venin de vipère.

Dissolution du stroma des hématies.

Si l'on compare en outre les effets du mucus sur les Batraciens et les Serpents d'une part, les Mammifères et les Oiseaux d'autre part, on constate qu'ils sont tout à fait superposables, avec cette seule remarque que, chez les Vertébrés supérieurs, on observe une hypothermie croissante qui révèle les

progrès de l'envenimation comme avec le venin d'Abeille ou de Vipère, et qui ne saurait se manifester chez les Vertébrés à température variable.

Par ses effets sur les divers animaux, le mucus des Batraciens se rapproche beaucoup du sérum d'Anguille, ainsi que l'avait remarqué C. Phisalix, à propos du venin de la Salamandre du Japon; il est voisin aussi, à ce point de vue, du venin d'Abeille. Les expériences précédentes montrent de plus que, vis-à-vis des Reptiles et des Batraciens (il en est de même vis-à-vis des Vertébrés supérieurs), il se comporte tout à fait comme le venin de la Vipère, déterminant aussi les mêmes lésions. La toxicité en est plus variable; mais elle est parfois tout aussi grande, si l'on considère qu'il suffit d'une seule goutte de mucus de Discoglosse dans la veine de l'oreille d'un Lapin pour le foudroyer, et que la Vipère elle-même, qui résiste à 80^{mg} de son venin, est tuée, ainsi que la Grenouille verte et la Couleuvre à collier, en moins d'une heure, par l'eau de lavage d'un très petit Alyte ou d'un seul Triton crêté.

En résumé, le mucus de la plupart des Batraciens est un véritable venin, parfois aussi toxique que leur venin spécifique dorsal.

Il possède les mêmes propriétés chez tous ceux où il a été étudié jusqu'ici, et exerce sur tous les animaux les mêmes effets stupéfiants, paralysants et généralement diastoliques, qu'on peut rapprocher très intimement de ceux du venin de Vipère.

ZOOLOGIE. — *Sur l'adaptation des Nématodes parasites à la température des hôtes.* Note de MM. **L. Jammes** et **A. Martin**, présentée par M. Dastre.

La recherche des températures les plus favorables au développement des œufs de nombreuses espèces de Nématodes parasites nous a conduits à répartir ces dernières en trois grands groupes, d'après l'élévation plus ou moins grande du degré exigé.

I. *Nématodes dont les embryons ne peuvent se former qu'à une température plus basse que celle de l'hôte. — Ascaris vitulorum, A suis, Heterakis columbæ,* rentrent dans cette catégorie. Les œufs d'*Ascaris suis*, par exemple, placés dans la solution chlorhydrique à 2 pour 1000 et portés aux températures de 33° et de 38°, réagissent différemment. A 33°, tous les œufs sont embryonnés en 10 jours. A 38°, l'évolution ne va pas, dans le même temps, au delà de trois blastomères.

Si, au huitième jour de l'expérience, on prélève sur chacun des deux lots une partie qu'on porte à la température du lot opposé, on obtient les résultats suivants : les

œufs passés de 33° à 38° s'arrêtent dans leur évolution et ne tardent pas à dégénérer. Au contraire, les œufs passés de 38° à 33° se segmentent aussitôt régulièrement. La température de 33° est donc seule favorable au développement de cette espèce. Il en est de même pour les autres parasites cités. Tous ces Vers se développent aussi à des températures encore plus basses, celle du laboratoire notamment, mais l'évolution est plus lente.

II. *Nématodes dont les embryons se forment aussi bien à la température de l'hôte qu'à des températures plus basses.* — Ces Vers sont nombreux. Nos expériences ont porté sur *Ascaris equorum*, *A. canis*, *Sclerostomum equinum*, *Scl. vulgare*, *Trichocephalus depressiusculus*. Dans tous ces cas, aux températures de 33° et de 38°, les évolutions restent superposables. Les embryons se forment aussi à la température du laboratoire, mais plus lentement. Des constatations analogues ont été faites par divers observateurs sur *Oxyuris vermicularis*, *Ankylostomum duodenale*, *Syngamus trachealis*, *Syn. bronchialis*, etc. Ce deuxième groupe se distingue du précédent en ce que l'évolution embryonnaire devient possible à des degrés plus élevés.

III. *Nématodes dont les embryons se forment normalement à la température de l'hôte.* — Ici prennent place tous les parasites qui pondent des œufs embryonnés ou des embryons déjà éclos. Ce sont les Spiroptères, les Filaires, la Trichine, etc.

Ces résultats nous paraissent susceptibles de généralisation. Par eux, on comprend les étapes de l'adaptation des Nématodes parasites aux hôtes à sang chaud. Avant de se fixer sur ces derniers, les ancêtres des parasites actuels ont dû évoluer à la température du milieu extérieur. La nécessité actuelle pour certains Vers d'accomplir le développement embryonnaire à des températures relativement basses apparaît ainsi comme une persistance d'attaches aux conditions premières.

L'élévation du degré limite est la première étape vers l'adaptation définitive au parasitisme sur les animaux supérieurs. Cette plasticité constituerait l'un des rouages du mécanisme complexe et encore obscur par lequel le parasite s'est accommodé aux conditions physicochimiques imposées par l'hôte.

Cet état se trouve définitivement réalisé quand les embryons arrivent à évoluer dans les voies maternelles sans quitter l'animal habité par leur générateur. L'adaptation la plus étroite a lieu lorsque l'embryon naît dans le corps de la mère. La viviparité semble donc ici pouvoir se déduire d'une question de température.

En résumé, nécessité d'une température relativement basse, indifférence à l'augmentation progressive de celle-ci, subordination à la température de l'hôte, état vivipare, se présentent comme les phases successives de la lente évolution par laquelle le parasite s'est adapté à la température élevée des animaux supérieurs.

HISTOLOGIE. — *Sur le muscle tenseur de la choroïde des Téléostéens.* Note de M. E. Grynfeltt, présentée par M. Henneguy.

La tunique moyenne du globe oculaire, chez la plupart des Vertébrés, est rattachée à la tunique externe par un ensemble de fibres formant un système plus ou moins complexe, qui irradie du limbe scléro-cornéen sur la zone ciliaire de l'uvée.

Les recherches anciennes de Wallace, de Crampton, de Brücke, de Rouget, de Müller, etc. ont montré que, chez les Vertébrés supérieurs, il s'agissait là de fibres musculaires, et que le prétendu *ligament ciliaire* de leurs devanciers était en réalité un *muscle ciliaire* dont les contractions, par un mécanisme encore fort discuté, modifient la forme du cristallin et servent à l'accommodation.

On connaît aussi, depuis longtemps, chez les Poissons osseux, une formation analogue. Mais les auteurs qui ont étudié l'œil de ces animaux, Leydig, Lee, Leuckart, Berger, Steinach, Herzog, ont tous affirmé la nature conjonctive de ses fibres. Lauber cependant a émis quelques doutes à cet égard, sans se prononcer sur sa vraie signification. Aussi les classiques admettent-ils encore à l'heure actuelle, chez les Téléostéens, un *ligament ciliaire*, qui représenterait le muscle ciliaire des Vertébrés supérieurs. Interprétation d'autant plus rationnelle, semblerait-il, que, dans l'œil de ces Poissons, toute différenciation contractile de la zone ciliaire, analogue à celle des Mammifères, n'aurait guère de raison d'être : on sait en effet que cette zone ne joue aucun rôle actif dans les phénomènes de l'accommodation chez ces animaux. Les belles expériences de Th. Beer ont démontré que celle-ci est sous la dépendance exclusive d'un muscle ailleurs situé, le muscle de la campanule de Haller, auquel, en raison de son mode d'action sur le cristallin, il a donné le nom de *musculus retractor lentis*.

Des études que je poursuis depuis longtemps sur l'iris des Vertébrés m'ont amené à examiner le segment antérieur de l'œil d'un certain nombre de Téléostéens appartenant à une vingtaine de genres différents. Chez tous, à l'encontre de l'opinion actuellement classique, j'ai trouvé que le ligament ciliaire des auteurs n'était autre chose qu'un faisceau musculaire. Les réactions histochimiques courantes, qui permettent de bien différencier les fibres musculaires des éléments conjonctifs (la picro-fuchsine, la triple coloration de Prenant, celle de Mann, le picro-ponceau de Curtis, etc.), ne laissent aucun doute à cet égard.

Sur les coupes méridiennes de l'œil, ce muscle affecte chez les Téléostéens la forme d'un mince faisceau appliqué contre la face profonde de la sclérotique. Par son extrémité antérieure, un peu plus large, il s'insère sur la

membrane fibreuse, en général sur le bord de la cornée. Son extrémité postérieure, effilée, se perd sur les couches les plus superficielles de la zone ciliaire ou de la partie antérieure de la choroïde, en regard de l'*ora terminalis retinæ*.

Comme chez les Mammifères, ce muscle est constitué par des fibres lisses. Mais, chez les Poissons osseux, il s'agit le plus souvent d'éléments peu différenciés au point de vue morphologique. C'est là vraisemblablement la cause principale de la confusion commise par les auteurs qui ont pris ce muscle pour un faisceau de fibres conjonctives, en l'absence de réactions histochimiques suffisantes pour le caractériser d'une façon exacte.

Suivant les espèces, ce muscle ciliaire des Téléostéens présente des variations notables, sur lesquelles je ne saurais insister ici. Chez la plupart, eu égard à sa disposition générale et surtout à l'orientation de ses fibres, ainsi qu'à leur situation toute superficielle dans la tunique moyenne, il offre des analogies intéressantes avec certains faisceaux homologues de l'œil des Amphibiens, les tenseurs de la choroïde dorsal et ventral, que Tretjakoff a bien distingués, sous ce nom, d'un autre muscle qui paraît, chez ces animaux, plus spécialement affecté à l'accommodation, le *musculus protractor lentis*.

En raison de ces analogies le terme de *tenseur de la choroïde* m'a paru pouvoir servir à désigner, provisoirement tout au moins, le muscle que je signale ici dans le segment antérieur de l'œil des Téléostéens et qu'on a pris jusqu'à présent pour un ligament ciliaire. Ce terme me semble préférable à celui de *muscle ciliaire*, qui paraît s'imposer tout d'abord, parce que, chez les Vertébrés supérieurs, on désigne sous ce nom le muscle de l'accommodation, dans laquelle les faisceaux en question ne jouent très vraisemblablement aucun rôle chez les Téléostéens, d'après les expériences si démonstratives de Th. Beer.

OCÉANOGRAPHIE. — *De la genèse des roches sous-marines connues sous le nom de* mattes. Note de M. **J. Thoulet**.

Les marins et les hydrographes français désignent sous le nom de *mattes* des roches sous-marines demi-dures, quoique résistant au plomb de sonde, gréseuses ou d'une pâte plus ou moins compacte, souvent bourrées de coquilles entières ou brisées et riches en débris végétaux.

Elles sont assez communes sur les côtes de Languedoc et de Provence, jusque vers

Hyères, ainsi que dans certaines régions du littoral atlantique, aux environs des embouchures de la Gironde et de la Charente. Lorsqu'elles ne sont recouvertes que par une faible épaisseur d'eau et à peu de distance de terre, elles sont fréquemment arrachées de leur gisement par les vagues et rejetées sur la plage sous forme de blocs sableux ou compacts, gris ou noirâtres et aussi percés de cavités dont beaucoup sont occupées par des coquilles qui y demeurent emprisonnées, bien que détachées des parois de leur prison et isolées parce que l'ouverture au moyen de laquelle la cavité communique avec l'extérieur est plus petite que la coquille. D'autres fois ces roches offrent l'aspect d'un conglomérat coquillier dont les éléments sont cimentés entre eux par du calcaire. Enfin on remarque que, quelle que soit leur texture, les fragments, assez mous, tant qu'ils sont mouillés, durcissent au contact de l'air.

En 1711 et 1712, Réaumur avait, dans plusieurs Mémoires insérés dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences*, attiré l'attention sur ces formations dont la présence avait été signalée le long des côtes de la Saintonge, où elles sont connues sous le nom de *banche*, et il avait attribué leur formation à l'action d'êtres vivants en suite de la sécrétion par ceux-ci « d'une glu animale qui se transforme en coquille et se colle en s'unissant aux pierres ». La *banche* était, d'après Réaumur, « une glaise pétrifiée par ce qu'il y a de visqueux dans l'eau de mer ».

J'ai recueilli des échantillons de ces roches sur le plateau sous-marin qui s'étend par une profondeur de 6^m à 15^m, à faible distance du rivage, entre Cette et Maguelonne, dans la Méditerranée, et mon collègue, le professeur Flahault, m'en a remis plusieurs autres trouvés par lui sur la plage, vers l'embouchure du Lez, où ils sont particulièrement abondants lorsque la mer a été agitée.

Ces échantillons, traités par l'acide chlorhydrique étendu, donnent lieu à une vive effervescence et se désagrègent; le résidu, sableux ou vaseux, est absolument identique aux fonds meubles recouvrant le sol sous-marin dans leur voisinage.

Ces formations sont dues, en effet, à des organismes. Quand un sol sous-marin est, par sa nature même, en général à cause des herbes qui s'y développent, particulièrement adapté à servir d'habitat à des coquillages, à des animaux marins herbivores et carnivores, tous attirés par la nourriture abondante qu'ils y trouvent, ces êtres, après leur mort, y laissent leur dépouille. La matière organique, en se putréfiant, produit du carbonate d'ammoniaque. Celui-ci, réagissant sur le sulfate de chaux dissous dans l'eau de mer, donne par double décomposition du sulfate d'ammoniaque soluble dans l'eau ambiante et du carbonate de chaux qui cimente le fond meuble environnant en le transformant en matte.

Un échantillon particulièrement caractéristique m'a été envoyé par le

professeur Flahault. C'est une valve de *Venus* dont l'extérieur est empâté dans une matte gréseuse de sable noir composé de grains de basalte, de quartz et d'autres minéraux communs dans la région maritime de Cette, cimentés par du carbonate de chaux parfaitement cristallisé en rhomboèdres inverses de couleur jaunâtre. La coquille était enfouie dans le sol avec sa concavité tournée en dessous. Cet espace étant ainsi rempli d'eau de mer sensiblement limpide, la double décomposition s'y est effectuée, mais le carbonate de chaux privé de son support de grains étrangers s'est déposé en cristaux sur le fond même de la coquille.

Pareille action s'est effectuée à l'extérieur et, comme elle avait lieu au sein de la masse sableuse, elle a cimenté celle-ci et l'a consolidée en la transformant en grès.

Il est probable que, soustraites à l'action destructrice des vagues, les mattes ne peuvent manquer de s'exhausser lentement et de dépasser de plus en plus le niveau du sol environnant. La remarque importe à la fois aux hydrographes, aux marins et aux géologues.

HYDROLOGIE. — *Relation entre la radioactivité et la richesse en extrait sec, des eaux thermales de Plombières.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Armand Gautier.

Jutier et Lefort ont établi que les eaux thermales de Plombières sont formées d'un mélange d'eau de profondeur, dont la température est très élevée et l'extrait sec très important et d'eaux froides à faible extrait sec; de sorte que d'après la température de l'eau, au griffon d'une de ces sources, on peut déterminer l'ordre de grandeur de son extrait sec et réciproquement.

La source du Crucifix échappe à cette règle; mais cette exception est apparente, le griffon véritable étant inconnu, de sorte que la température observée est plus basse que la température réelle.

L'émanation du radium, dont sont chargées les eaux de Plombières, vient, comme les sels, de la profondeur; il semble donc *a priori* que cette émanation doit subir la même loi et se trouver diluée de la même façon par le mélange avec les eaux froides. Dans ces conditions, le rapport de la richesse en émanation d'une source, à sa richesse en extrait sec, devrait être un nombre constant.

Mais il n'en est rien. Nous avons, en effet, déterminé ce rapport pour onze sources dont l'extrait a été déterminé. On voit d'après le Tableau ci-après que, loin d'être constant, ce rapport croît d'une façon régulière et très accentuée des sources chaudes aux sources froides, ou du moins, des sources à fort extrait sec, aux sources à faible extrait sec.

La source du Crucifix, qui échappe à la règle de Jutier et Lefort, rentre dans celle que nous venons d'énoncer, si nous la classons, non d'après sa température, mais d'après son résidu sec.

Sources.	Température.	Émanation en milligramme-minute par litre.	Extrait sec. — Gramme par litre.	$\frac{\text{Émanation}}{\text{Extrait sec}}$
Vauquelin	68°,5	0,066	0,392	0,17
Crucifix	46,5	0,101	0,340	0,30
Thalweg n° 5	66,5	0,101	0,330	0,31
Dames	52,3	0,147	0,287	0,51
Thalweg n° 1	56,1	0,113	0,259	0,44
Capucins	51,0	0,160	0,232	0,69
Savonneuse n° 5	48,4	0,041	0,187	0,22
Savonneuse n° 2	27,6	0,102	0,132	0,77
Lambinet	26,8	0,218	0,101	2,18
Savonneuse n° 3	26,1	0,146	0,081	1,80
Bizot	13,1	0,157	0,027	5,80
Babel (non minérale)	9,2	»	0,023	»

Le rapport de l'émanation à l'extrait sec, facteur qui, à première vue, ne semble pas avoir de signification bien nette, correspond, dans une certaine mesure, à la quantité d'émanation du radium apportée par l'eau de profondeur et conservée par l'eau thermale. A Plombières il y a donc, semble-t-il, tout au moins pour les sources les plus chaudes, perte de la majeure partie de l'émanation.

Pour que l'émanation s'échappe il lui faut un support, celui-ci, dans le sol, ne peut être constitué que par les gaz. Ils s'échappent d'autant plus radioactifs que la richesse en émanation est plus grande et la température de l'eau plus élevée. On est donc en droit de se demander s'il n'y a pas de relation entre cette perte d'émanation et la rareté des gaz spontanés.

L'eau arrive latéralement dans le bassin thermal, cette remarque a conduit Jutier à creuser les galeries vers l'Est, ce qui a amené la découverte de sources dont la température était plus élevée et notamment, la source Vau-

quelin. Il faut voir là la cause de la perte de la majeure partie de l'émanation des sources chaudes, les gaz ayant pu s'échapper soit par les diaclases du granite compact, soit par les pores de la masse arénacée de première décomposition. Seules de petites quantités de gaz se trouvent entraînées par les eaux.

Cette remarque est corroborée par ce fait que dans d'autres points de la région vosgienne le dégagement gazeux est beaucoup plus important. Au Beherrey [1] notamment où ce fait est bien caractérisé, la source se trouve exactement à la séparation du granite porphyroïde et du granite commun de la région. On peut donc admettre qu'eau et gaz ont suivi le plan de séparation des deux roches.

A Plombières les eaux s'échappent à une petite distance de la séparation des deux granites. Eau et gaz suivent encore le plan de séparation pour se quitter à une certaine distance du sol, les eaux venant sourdre en contrebas, les gaz se dégageant à la partie supérieure.

Ces gaz rencontrant des eaux froides leur abandonnent une certaine partie de leur émanation et ces eaux ainsi radioactivées viennent se mélanger aux eaux chaudes appauvries.

Cette interprétation permet de comprendre pourquoi la source Bizot, par exemple, formée d'après ses constantes d'une petite quantité d'eau de profondeur et de beaucoup d'eau froide (voir le Tableau) est cependant très radioactive.

Il résulte du mécanisme que nous venons d'étudier qu'il y a un transport de l'émanation des eaux de profondeur, chaudes et riches en extrait sec, sur les eaux froides, pauvres en extrait ; la perte de l'émanation est donc beaucoup plus faible que la comparaison des rapports entre émanation et extrait permettait de le prévoir.

Jusqu'à présent une seule station thermale a fait l'objet de recherches complètes sur la radioactivité, celle de Bagnères-de-Luchon dont les eaux ont été étudiées par MM. C. Moureu et A. Lepape [2]. Il n'existe aucune relation entre la radioactivité et l'extrait sec des différentes sources.

Le mélange des eaux de profondeur avec l'eau des nappes superficielles doit se produire dans beaucoup de stations thermales, ce qui explique les différences de température entre sources très voisines. L'étude systématique de la température, de l'extrait sec et de la radioactivité permettra, dans certains cas, de tirer des conclusions intéressantes.

---

(1) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 150, p. 291.

(2) C. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 834.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une sorte d'arc-en-ciel blanc, observé à Paris.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. E. Bouty.

Dans l'après-midi du 5 février 1910, un arc presque incolore, occupant sensiblement la place de l'arc-en-ciel, a été visible à l'Observatoire de Montsouris.

Je l'ai remarqué pour la première fois à 2^h10^m. D'abord réduit à sa partie supérieure, il s'est dessiné à gauche jusqu'à l'horizon vers 2^h40^m, puis s'est effacé presque entièrement vers 2^h55^m. Il a reparu à 3^h15^m et a atteint vers 3^h25^m son maximum d'intensité lumineuse ainsi que son plus complet développement. Peu après 3^h30^m, il a disparu définitivement.

Cet arc avait une largeur de 3° environ. Il n'était pas d'un blanc pur, mais légèrement teinté de rose au bord externe et de violet au bord interne. Vers 2^h40^m et 3^h25^m, alors que sa lumière était la plus vive, il était bordé intérieurement d'une bande sombre, peut-être un peu violacée, de 2°30′ de largeur environ.

A l'aide d'un niveau à mercure donnant le demi-degré, j'ai fait sept mesures de la hauteur angulaire du sommet de l'arc. Les valeurs qui en résultent pour le rayon du milieu de l'arc varient entre 39° et 41°. La moyenne est de 40° 8′.

On a fréquemment observé, dans les montagnes ou dans les régions polaires, des arcs-en-ciel blancs sur les brouillards ou sur les nuages composés de gouttelettes liquides. L'explication de ce phénomène, connu aussi sous le nom de *cercle d'Ulloa*, a été indiquée par Mascart. Ce n'est qu'un cas particulier de la théorie générale de l'arc-en-ciel donnée par Airy, laquelle permet de prévoir un mélange des couleurs et un achromatisme de plus en plus parfait, en même temps qu'un élargissement de l'arc et une diminution de son rayon, lorsque le diamètre des gouttes diminue et s'approche d'une valeur optimum de 41^μ.

Mais le phénomène du 5 février s'est montré dans des conditions bien différentes de celles où l'on voit d'ordinaire le cercle d'Ulloa.

Le ciel était en majeure partie couvert d'une nappe nuageuse élevée, fibreuse, peu dense (alto-stratus), généralement divisée en pommelures plus ou moins fines (alto-cumulus et cirro-cumulus). Du côté du Nord, on y distinguait parfois deux couches superposées, paraissant d'ailleurs fort voisines l'une de l'autre. La plus basse, caractérisée par sa couleur grise, cachait l'arc blanc lorsqu'elle se projetait sur lui. Il prenait donc manifestement naissance dans la couche la plus élevée. Celle-ci avait, dans

les régions les plus claires, l'aspect d'un cirro-stratus. On voyait aussi, vers 3^h, plusieurs touffes de cirrus denses parfaitement typiques, dont la direction et la vitesse angulaire étaient sensiblement les mêmes que celles de l'alto-stratus.

D'après la grande hauteur et la forme des nuages producteurs, leurs éléments devaient être plutôt glacés que liquides. Il en résulterait que le phénomène observé ne serait pas un arc-en-ciel mais une forme de halo. Pernter a précisément établi une distinction entre le véritable arc-en-ciel blanc et un halo incolore qui se montrerait à peu près à la même place dans le ciel et qu'il a nommé *halo de Bouguer*.

Toutefois, dans le cas qui nous occupe, il faut noter l'absence complète de toute trace du halo ordinaire de 22°, circonstance peu favorable à l'hypothèse d'un halo, car cette forme fondamentale accompagne ou suit presque toujours les autres.

Au contraire, l'hypothèse d'un arc-en-ciel blanc rendrait bien compte des dimensions de l'arc et de la coloration de ses bords.

Quoi qu'il en soit, il s'agit là d'un phénomène fort rare. Je ne connais qu'une seule observation analogue, celle d'un arc blanc qui a été vu en Angleterre le 2 février 1908, également par temps clair et dans des nuages cirriformes [1].

M. E. **Fontaneau** adresse un Mémoire *Sur l'intégration générale des équations de l'Hydrodynamique*.

(Renvoi à l'examen de M. P. Appell.)

MM. **J. Pouget** et **D. Chouchak** adressent une Note *Sur l'absorption de l'acide phosphorique par les plantes*.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.

---

[1] *Symons's meteorological Magazine*, february 1908.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 février 1910.

Associazione internationale delle Accademie : *Relazione delle adunanze tenute in Roma dal Comitato nei giorni* 1-3 *giugno* 1909 *nella sede della R. Accademia dei Lincei*. Rome, 1909; 1 fasc. in-4°. (10 exemplaires, adressés par M. le Président de l'Association internationale des Académies.)

Icones Mycologicæ, par Boudier; 6e série, livraison 27. Paris, Paul Klincksieck, 1910; 1 fasc. in-4°.

Le tremblement de terre de Provence, 11 *juin* 1909, par MM. J. Repelin et L. Laurent. (Extr. du *Bulletin de la Société de Géographie de Marseille*.) Marseille, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Michel Lévy.)

Notice sur les travaux scientifiques de M. Ch. Lallemand. Paris, Gauthier-Villars, 1903; 1 fasc. in-4°.

Supplément à la Notice de M. Ch. Lallemand. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les titres et travaux scientifiques du Lieutenant-Colonel Monteil. Paris, R. Chapelot et Cie, 1910; 1 fasc. in-4°.

Les états physiques de la matière, par Ch. Maurain. Paris, Félix Alcan, 1910; 1 vol. in-12.

Scientific papers, by Sir George Howard Darwin. Vol. III : *Figures of equilibrium of rotating liquid and geophysical investigations*. Cambridge, 1910; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Festschrift zur Feier des 500-*jährigen Bestehens der Universität Leipzig*, herausgegeben von Rektor und Senat; Bd. I-IV, 1409-1909. Leipzig, S. Hirzel, 1909; 5 vol. in-4°. (Offert par le Recteur et le Sénat de l'Université de Leipzig.)

Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales : for 1908, t. XLII, and for 1909, t. XLIII, part 1. Sydney, 1908-1909; 1 vol. et 1 fasc. in-8°.

Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg; 6e série, n° 1, 15 janvier 1910. Saint-Pétersbourg; 1 fasc. in-4°.

Transactions of the American mathematical Society; t. XI, number 1, january 1910. Lancaster, Pa., et New-York, 1910; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 14 FÉVRIER 1910.

Annales de l'Observatoire astronomique, magnétique et météorologique de Toulouse; t. VI, renfermant une partie des travaux exécutés de 1879 à 1907, sous la direction de M. B. BAILLAUD, Membre de l'Institut, publié par M. E. COSSERAT; fascicule 1. Paris, Gauthier-Villars; Toulouse, Édouard Privat, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Le Navire aérien : architecture, équilibre, stabilité : Leçons faites en 1908-1909 à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux, par L. MARCHIS. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1909; 1 vol. autographié, in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Pour la race. Notre soldat, sa caserne, par M. LACHAUD. Paris, Henri Charles-Lavauzelle, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lannelongue.)

L'évolution économique de la Brasserie française, par JEHAN CHARLIE. Saint-Amand (Cher), imp. Bussière, s. d.; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Müntz.)

La soude électrolytique : théorie, laboratoire, industrie, par ANDRÉ BROCHET. Paris, Bernard Tignol, s. d.; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. A. Haller.)

L'hygiène publique à Reims en 1910 : *A propos d'un projet d'établissement insalubre de* 1re *classe à Saint-Léonard, en amont de la nappe aquifère*, par H. HENROT. (Hommage de l'auteur.)

Das Daseins und Denkens Mechanik und Metamechanik, von ERICH RUCKHABER. Hirschberg, H. Springer, 1910; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

The University of Colorado Studies; t. VII, number 1. Boulder, Colo., 1909; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 3 janvier 1910.)

Note de M. *A. de Gramont*, Sur la répartition des raies ultimes dans le spectre des diverses régions du Soleil :

Page 38, ligne 8, *au lieu de* aussi bien que pour les raies, *lire* aussi bien pour les raies.

(Séance du 24 janvier 1910.)

Rapport de M. *Alfred Grandidier*, Sur la Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1\,000\,000}$:

Page 194, ligne 6, *au lieu de* Vienne, *lisez* Berne.
Page 195, ligne 13, *au lieu de* 120 feuilles, *lisez* 45 feuilles (il y en a aujourd'hui 75).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 FÉVRIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de la Lettre suivante :

Monaco, le 12 février 1910.

Monsieur le Président,

Le Musée océanographique de Monaco sera inauguré le 29 mars prochain. Voudriez-vous bien communiquer à l'Académie des Sciences l'invitation que je lui adresse pour qu'elle veuille bien se faire représenter à la cérémonie?

Cet établissement, qui fait partie de l'Institut océanographique dont j'ai placé le centre à Paris, contient les matériaux récoltés par moi, depuis 25 ans, à tous les niveaux de l'Atlantique Nord et de la Méditerranée; il possède aussi les laboratoires nécessaires pour toutes les études océanographiques.

L'Académie des Sciences mettrait le comble à la reconnaissance que je lui dois déjà si elle voulait bien participer officiellement à une cérémonie aussi importante pour les sciences de la mer.

Veuillez....

Albert, Prince de Monaco,
Membre Associé de l'Académie.

L'Académie décide qu'elle sera représentée à cette inauguration par son Bureau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les minima des classes de formes quadratiques binaires et positives.* Note de M. **G. Humbert**.

Dans des Notes antérieures (*Comptes rendus*, 21 octobre 1907 et 4 mai 1908) j'ai montré que la méthode indiquée par Hermite dans sa célèbre *Lettre à Liouville* permettait d'introduire, à côté du nombre des classes de

discriminant donné, les trois minima de ces classes. Dans cet ordre d'idées, j'ai obtenu des relations arithmétiques nouvelles où figurent encore les minima, et qui contiennent en outre un *paramètre arbitraire*, dont la présence permet de varier les résultats et en outre, comme on va le voir, d'introduire dans les formules une *fonction numérique arbitraire*.

Les notations ci-après sont celles de mes Communications des 1er juillet et 21 octobre 1907.

I. Je pars du développement suivant, qu'il est facile d'obtenir :

$$(1)\qquad \eta_1\theta_1\theta\frac{\Pi(x+a)}{\Theta(x)\Theta(a)} = -2i\sum_{m=0}^{\infty} q^{\frac{2m+1}{2}} e^{ia}\frac{e^{(2m+1)ix}}{1-q^{2m+1}e^{2ia}} + 2i\sum_{0}^{\infty} q^{\frac{2m+1}{2}} e^{-ia}\frac{e^{-(2m+1)ix}}{1-q^{2m+1}e^{-2ia}};$$

écrivant ensuite la formule d'Hermite

$$(2)\qquad \theta_1\frac{\Pi\Theta_1}{\Theta} = \frac{1}{i}\sum_{0}^{\infty} q^{\frac{(2m+1)^2}{4}}(1+2q^{-1}+\ldots+2q^{-m^2})\left[e^{(2m+1)ix}-e^{-(2m+1)ix}\right],$$

je multiplie ces deux équations membre à membre, et je cherche, dans le second membre développé en série de Fourier (par rapport à la variable x), le terme indépendant de x. Si $\mathcal{A}_0$ est ce terme, on trouve

$$(3)\qquad \mathcal{A}_0 = 4\sum_{\nu=0}^{\infty} q^{\nu+\frac{3}{4}}\sum \cos\frac{m_2-m_1}{2}a.$$

La seconde somme s'étend aux classes de formes quadratiques (binaires et positives) de l'ordre propre et de discriminant $4\nu+3$; m_1 et m_2 désignent les deux *minima impairs* ($m_1 < m_2$) d'une quelconque de ces classes; la première somme porte sur les valeurs entières de ν, de 0 à $+\infty$.

D'autre part, si l'on multiplie membre à membre les équations classiques qui donnent les développements trigonométriques (en x) des fonctions

$$(4)\qquad \eta_1\theta_1^2\theta\frac{\Pi(x)\Theta_1(x)}{\Theta^2(x)} \qquad \text{et} \qquad \Pi(x+a),$$

le terme indépendant de x, dans le développement du second membre, sera $\mathcal{A}_0\Theta(a)$, et l'on arrive ainsi à la formule

$$(5)\qquad \mathcal{A}_0\Theta(a) = 4\sum_{N=0}^{\infty} q^{N+\frac{3}{4}}(-1)^N\sum d\cos da.$$

La seconde somme s'étend aux décompositions $4N+3 = dd_1$, où d et d_1 sont entiers, positifs, avec $d < d_1$.

Si l'on remplace maintenant ϑ_0 par sa valeur (3) et si l'on égale les coefficients de $q^{N+\frac{3}{4}}$ dans les deux membres de (5), on a

$$(6) \qquad \sum_{k=0,\pm 1,\ldots} (-1)^k \cos 2ka \sum_{4N+3-4k^2} \cos \frac{m_2 - m_1}{2} a = (-1)^N \sum d \cos da.$$

Au premier membre, la seconde somme s'étend aux classes de l'ordre et de discriminant $4N+3-4k^2$, avec les significations ci-dessus pour m_1 et m_2; la première s'étend aux valeurs entières de k, positives, nulles ou négatives, telles toutefois que $4N+3-4k^2$ soit positif; au second membre, la somme porte sur les décompositions ci-dessus de $4N+3$.

L'hypothèse $a=0$, introduite dans (6), conduit à une formule d'Hermite sur les nombres de classes (*Lettre à Liouville*), qui est une combinaison de deux des formules classiques de Kronecker.

L'hypothèse $a = \frac{\pi}{4}$ donne la formule

$$(7) \qquad \sum_{k=0,\pm 1,\pm 2,\ldots} (-1)^k \sum_{4N+3-16k^2} \left(\frac{2}{\frac{1}{2}(m_2 - m_1)} \right) = (-1)^N \sum d \left(\frac{2}{d} \right),$$

où les notations s'expliquent comme celles de (6), et où $\left(\frac{2}{p}\right)$ est le symbole de Jacobi pour p impair.

Il est à observer que (7), dans le cas de N impair, coïncide avec la formule (VII) de Kronecker; car les symboles de Jacobi qui figurent au premier membre ont tous la valeur $(-1)^N$, ainsi qu'on le reconnaît aisément; au contraire, pour N pair, la formule est nouvelle et ne semble pas susceptible d'une simplification analogue.

On peut donner à (6) une autre forme, en remplaçant, au premier membre, le produit de deux cosinus par une somme de cosinus, et désignant par $\varphi(x)$ provisoirement la fonction $\cos x$:

$$\sum \sum (-1)^k \left[\varphi\left(2ka + \frac{m_2 - m_1}{2} a\right) + \varphi\left(2ka + \frac{m_1 - m_2}{2} a\right) \right] = 2(-1)^N \sum d\varphi(da).$$

Cette formule, étant vérifiée pour $\varphi(x)$, l'est également, à cause de la présence du paramètre a, quand on remplace $\varphi(x)$ par toute puissance *paire* et positive de x, et, dès lors, par une *fonction paire quelconque;* car M. Borel a établi qu'il existe une fonction entière de x prenant pour les

valeurs entières de la variable les mêmes valeurs qu'une fonction donnée quelconque.

On peut donc écrire

$$(8)\qquad \sum\sum(-1)^k[\varphi(4k+m_2-m_1)+\varphi(4k+m_1-m_2)]=2(-1)^N\sum d\varphi(2d),$$

$\varphi(u)$ étant une fonction paire quelconque de u, et qui n'a besoin d'ailleurs d'être définie que pour les valeurs entières de la variable.

La formule (8) donne de nombreuses conséquences, dont nous n'indiquerons ici que deux :

1° Les quantités qui y figurent sous le signe φ sont des entiers de la forme $4h+2$; dès lors, on peut prendre pour $\varphi(u)$ la fonction $u(-1)^{\frac{u-2}{4}}$, qui est manifestement paire; on trouve ainsi la relation

$$(9)\qquad \sum_{4N+3-4k^2}(m_2-m_1)(-1)^{\frac{m_2-m_1-2}{4}}=2(-1)^N\sum(-1)^{\frac{d-1}{2}}d^2,$$

que j'ai obtenue autrement dans ma Note du 21 octobre 1907.

2° Si l'on prend $\varphi(u)=u^2$, et si l'on exprime k^2 à l'aide de la relation qui donne le discriminant d'une forme en fonction des trois minima m_1, m_2, m de cette forme (*m est le minimum pair; m_1 et m_2, avec $m_1 \leqq m_2$, sont les deux minima impairs*), on a :

$$(10)\qquad \sum_{4N+3-4k^2}(-1)^k[m^2-2m(m_1+m_2)+2(m_2-m_1)^2]=4(-1)^N\sum d^2(d-d_1).$$

La somme au premier membre porte sur les minima des classes de l'ordre propre de discriminant $4N+3-4k^2$; k prend ensuite les valeurs 0, ± 1, ..., mais de telle sorte que $4N+3-4k^2$ soit positif; au second membre, elle s'étend aux décompositions en facteurs $4N+3=dd_1$, où $d<d_1$.

Les formules (9) et (10) sont analogues à celles de Kronecker; il y figure, au lieu du nombre des classes, certaines combinaisons des minima d'une classe, et, aux seconds membres, des sommes de carrés ou de cubes de diviseurs.

II. Des calculs analogues conduiraient à la relation

$$(11)\qquad \Theta(a)\sum_{N=1}^{\infty}q^N\sum_{4N}\cos\frac{m_2-m_1}{2}a=2\sum_{N=1}^{\infty}q^N\sum(-1)^{\frac{d+d_1}{2}+1}d\cos 2da,$$

vraie quel que soit a. La somme $\sum_{4N}$ s'étend aux classes (ordre propre) de discriminant $4N$, et m_1, m_2 sont ($m_1 \leqq m_2$) les minima impairs d'une quelconque de ces classes; au second membre, la seconde somme porte sur les décompositions en facteurs $N = dd_1$, avec $d \leqq d_1$ et d, d_1 étant de même parité. Passant des classes $4N$ aux classes N, on obtient, en égalant, dans les deux membres de (11), les coefficients de q^N, la relation

$$\sum_{k=0,\pm 1,\ldots} (-1)^k \cos 2ka \sum_{N-k^2} [\cos(m + m_2 - m_1)a + \cos(m + m_1 - m_2)a]$$
$$= 2\sum (-1)^{\frac{d+d_1}{2}+1} d \cos 2da,$$

qu'on transformerait en y introduisant une fonction arbitraire. Il faut observer que, si N est carré, le terme du second membre qui répond à la décomposition $N = d.d$ doit être divisé par 2; au premier membre, quand $N - k^2$ est un carré, soit h^2, la classe $hx^2 + hy^2$ ne compte que pour $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire que les cosinus correspondants doivent être divisés par 2.

On déduirait de là, entre autres conséquences, la formule

$$(12) \quad \sum_{N-k^2} (-1)^k [m^2 - m(m_1 + m_2) + (m_2 - m_1)^2] = 2\sum (-1)^{\frac{d+d_1}{2}} d^2(d_1 - d).$$

III. Sans insister ici sur les relations analogues à (4) et (11) qu'on peut encore obtenir, nous indiquerons des formules du même type que (10) et (12), et que nous avons tirées des développements des fonctions

$$\eta_1 \theta_1^2 \theta^2 \frac{HH_1\Theta_1\Theta_1'}{\Theta^3} \quad \text{et} \quad \eta_1^2 \theta_1^2 \theta \frac{HH_1\Theta_1 H'}{\Theta^4},$$

qui ne contiennent que la variable x, à l'exclusion du paramètre a.

Ce sont les suivantes. D'abord,

$$(13) \quad \sum_{8N-(2k+1)^2} m_1(m_2 - m_1) = 4N\sum (\delta_p - \delta_i) + 2\sum \delta^3,$$

où k prend les valeurs *positives* 0, 1, ..., de manière que $8N + (2k+1)^2$ soit positif; m_1 et m_2 sont les deux minima impairs ($m_1 < m_2$) d'une classe (ordre propre) de discriminant $8N - (2k+1)^2$; au second membre, δ_i et δ_p sont deux diviseurs conjugués de $2N$, c'est-à-dire que $2N = \delta_i \delta_p$,

avec $\delta_i < \delta_p$, et δ_i impair, δ_p pair; quant à δ, c'est un diviseur quelconque de 2 N inférieur à son conjugué et de parité contraire à celle de ce conjugué.

Ensuite,

$$(14) \qquad \sum_{N-k^2} [2m^2 - m(m_1 + m_2) - (m_2 - m_1)^2] = 4 \sum d^3;$$

la signification du premier membre est évidente avec les notations habituelles, k prend les valeurs $0, \pm 1, \ldots$; au second membre, la somme porte sur tout diviseur d, de N, inférieur ou égal à son conjugué et de même parité que celui-ci; enfin les modifications indiquées plus haut pour les cas de N ou $N - k^2$ carrés, s'appliquent encore.

Les formules (13) et (14) sont intéressantes en ce qu'il n'y figure pas, comme dans (10) et (12), l'unité positive ou négative $(-1)^h$.

Si N est de la forme $4M + 2$, il n'y a aucun diviseur tel que d et le second membre de (14) est nul.

HYDROLOGIE. — *Caractères différentiels des eaux de source d'origine superficielle ou météorique et des eaux d'origine centrale ou ignée.* Note de M. **Armand Gautier**.

Depuis qu'il a paru définitivement établi par les expériences de Daubrée (1861) que l'eau peut pénétrer par capillarité à travers les roches poreuses malgré une contrepression supérieure de vapeurs ou de gaz [1], presque tous les géologues ont admis que les sources, froides ou chaudes, qui viennent couler à la surface du sol terrestre sont alimentées par la résurgence des eaux superficielles, météoriques ou marines. Après avoir pénétré, en vertu de la pesanteur ou de la capillarité, à travers les failles ou les pores des couches rocheuses, ces infiltrations reviendraient ensuite à la surface, en vertu des pressions internes ou des différences de niveau, sous forme d'eaux potables ou minérales, froides ou chaudes.

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. LII, p. 123. Ces expériences de Daubrée montrent seulement que l'*eau à l'état liquide* peut pénétrer les roches sous une faible épaisseur en raison de la force capillaire et malgré une contrepression inverse de 2^{atm} à 3^{atm}. Mais ces expériences faites avec *l'eau liquide* ne sauraient établir qu'à la profondeur de 11000^m et plus, où l'eau arrive à la température critique de 365° et ne peut plus être liquéfiée quelle que soit la pression, sa vapeur puisse traverser les roches poreuses et pénétrer *par capillarité* jusque dans les profondeurs malgré une pression gazeuse plus forte et de sens contraire.

Telle est la théorie soutenue par Daubrée et par le célèbre ingénieur hydrologue Jacquot pour les eaux thermales en particulier. C'est celle qu'admettent encore aujourd'hui la plupart des géologues [1].

Je pense, au contraire, qu'un grand nombre d'eaux minérales, froides ou chaudes, sont des eaux de nouvelle formation, des eaux vierges, sortant pour la première fois des profondeurs du globe. J'ai développé ailleurs les raisons de cette thèse [2], dont je rappelle seulement ici les deux points fondamentaux.

D'une part, de l'hydrogène se dégage sans cesse du noyau terrestre et en traversant les régions chaudes du globe y rencontre des composés, fixes ou gazeux, qui lui cèdent de l'oxygène dont il s'empare pour former de l'eau. D'autre part, de l'eau de constitution, de l'eau combinée (ou ses éléments) fait partie intégrante de presque toutes les roches cristalliniennes profondes [3]. En raison de la pression des laves, et des effondrements ou fractures survenues dans les couches rocheuses inférieures, celles-ci se réchauffant perdent une partie de cette eau de constitution, qui, transformée dès lors en vapeur, tend à s'échapper à travers les failles et arrive jusqu'à la surface terrestre après s'être condensée sous forme d'eaux minérales froides ou chaudes.

Telle est la double origine de ces eaux nouvelles.

En fait, soit qu'elles se dégagent d'une sorte de distillation des couches rocheuses les plus profondes, soit qu'elles résultent de l'oxydation de l'hy-

---

(1) « L'appareil souterrain qui donne naissance aux eaux thermominérales, dit Jacquot (*Les eaux minérales de la France*, Paris, 1894, p. 34), est comparable à un siphon renversé dans une des branches duquel les précipitations atmosphériques descendent... ; après s'être minéralisées, elles remontent dans la branche opposée en raison de la diminution de la pesanteur spécifique due à leur thermalité et de la différence d'altitude d'entrée et de sortie. » De son côté M. de Launay s'exprime ainsi dans un récent Mémoire (*Comptes rendus*, t. CXLIX, décembre 1909, p. 1150) : « Les sources thermales, quand on laisse de côté le petit nombre d'entre elles qui peut avoir des relations avec les phénomènes volcaniques, me paraissent être la réapparition au jour d'eaux infiltrées descendues à une profondeur suffisante pour se thermaliser,... et remontées au jour, sous pression, après un circuit souterrain prolongé. Elles sont l'exagération des sources dites *vauclusiennes*.

(2) Voir *Annales des Mines*, mars 1906, p. 316 et suiv.

(3) J'ai établi (*Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 60) que 1 mètre cube de granit parfaitement desséché à 250° dégage encore au rouge 26 kilogrammes d'eau, et la même quantité de porphyre, 50 kilogrammes d'eau environ. Voir à ce sujet *Annales des Mines* (*loc. cit.*) et *Congrès d'Hydrologie de Venise*, octobre 1905).

drogène issu du noyau terrestre, les eaux ainsi formées ou libérées ont toujours une origine ignée ([1]).

On ne saurait admettre (et l'on m'a quelquefois attribué bien gratuitement cette opinion) que toutes les eaux thermales sont d'origine ignée, que toutes les eaux froides sont météoriques. On sait que la température des couches terrestres s'accroît en moyenne de 1° par 31^m d'approfondissement. La température des roches doit donc être supérieure à 100° à partir de 3000^m environ de profondeur. Si donc, en suivant le trajet des failles terrestres ou sous-marines, les eaux superficielles descendent à ces niveaux inférieurs, elles s'y réchauffent grâce à la chaleur des roches ambiantes et peuvent revenir ensuite au jour sous forme d'eaux thermales après s'être chargées de matériaux salins empruntés, plus ou moins, aux roches encaissantes. Ainsi se forment certainement beaucoup d'eaux minérales. La thermalité de ces eaux ne saurait donc caractériser leur origine.

Il en est de même de la radioactivité. Froides ou chaudes, les eaux terrestres peuvent, en effet, transporter *l'émanation* (Curie, 1903), et M. Laborde et d'autres observateurs ont montré que cette *émanation* s'échappe lentement des eaux d'origine profonde et peut, comme les gaz, se transmettre aux eaux météoriques qui parcourent le sol.

Il faut donc essayer de distinguer à d'autres signes que la thermalité ou la radioactivité les eaux appartenant à chacun des deux grands groupes dans lesquels doivent être partagées, suivant moi, les eaux terrestres.

C'est la différenciation de ces deux sortes d'eaux qui fait l'objet principal de ce Mémoire.

Voici les caractères auxquels elles répondent, suivant moi, dans chacun de ces deux groupes :

Eaux d'infiltration ou météoriques. — *a.* Les eaux d'origine superficielle sortent presque toujours de failles qui n'ont aucun rapport de direction ou de continuité avec les filons métalliques de la région, quand ces filons existent, ou avec celles qui se rattachent à l'arrivée de matériaux ou des roches éruptives. Ces eaux peuvent se rencontrer en tous pays, volcaniques ou non. Elles peuvent être froides ou chaudes.

([1]) Le grand géologue allemand E. Suess pense, comme moi, que l'hydrogène libre issu du feu central donne naissance à de l'eau nouvelle, de l'eau *juvénile* suivant son expression; mais il admet que c'est dans les couches supérieures de l'écorce terrestre, et en particulier dans les couches et les cônes volcaniques, que cet hydrogène trouve l'oxygène libre, l'oxygène aérien, qui lui permet de former de l'eau nouvelle ou juvénile qui s'écoule par les failles d'origine éruptive ou par les cratères volcaniques.

b. Le débit des sources d'origine superficielle est généralement variable. Il augmente après les pluies ou par la fonte des neiges; peut varier d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre.

c. La composition de ces eaux, fraîches ou non, suit la variation de leur débit. Leur minéralisation s'appauvrit sensiblement si le débit augmente, et *vice versa*, sans que toutefois les variations des matériaux dissous soient proportionnelles entre elles ni au débit de la source.

d. Si la température de ces eaux est supérieure à 15° ou 20°, elle peut varier avec les saisons et le débit.

e. Ce qui caractérise tout particulièrement les eaux d'infiltration, c'est qu'on n'y trouve pas, soit séparément, soit réunis, même à faible dose, les éléments des émanations métalloïdique ou métallique généralement présents dans les déjections volcaniques et originaires des grandes profondeurs : le bore, le phosphore, l'arsenic, le brome, l'iode, le fluor, le cuivre, les sels sodiques et particulièrement les sulfures et carbonates, l'ammoniaque, l'azote libre et ses compagnons (argon, néon, etc.), l'hélium, l'hydrogène libre, etc. Au contraire, d'origine météorique et ayant nécessairement lavé les couches et roches superficielles le plus souvent calcaires ou alumineuses, ces eaux sont presque toujours minéralisées par des carbonates et sulfates terreux, et contiennent des azotates ou de l'oxygène libre.

Tous ces signes distinguent les sources et les eaux d'origine météorique ou superficielle de celles de la classe suivante :

Eaux vierges ou nouvelles, d'origine ignée. — Ces eaux se séparent des précédentes par une série de caractères que nous opposons point pour point aux précédents.

a. Les *eaux vierges* sortent le plus généralement de failles éruptives ou en relation avec les filons métalliques de la région quand il en existe. On les rencontre surtout dans les pays volcaniques ou riches en minerais, très rarement, ou pas, dans les régions même montagneuses, mais non volcaniques ou parcourues par des failles de direction discordante avec celles qui ont été provoquées par la venue au jour des roches primitives ou ignées.

b. Le débit de ces sources est, dans une large mesure, indépendant des saisons et des phénomènes météorologiques (pluies, fonte de neiges, saisons), à moins qu'elles ne reçoivent dans leur trajet souterrain une certaine proportion d'eaux superficielles, dans ce cas presque toujours calcaires.

Mais le débit de ces sources a un caractère spécial, particulièrement signalé par E. Suess pour les sources de Carlsbad, les geysers de l'Islande et généralisé par ce savant. Ce débit est *rythmé*, à pulsations plus ou moins

régulières, pouvant, d'une source à l'autre, varier de quelques minutes à une heure et plus, rappelant ainsi le caractère strombolien de l'activité réduite, mais continue, de certains volcans, tels que le Stromboli, le Semeroë, le Kilauea, etc. Cette émission rythmique est le plus souvent très sensible dans le dégagement discontinu des gaz.

c. La composition des eaux vierges ou éruptives reste à peu près constante comme leur débit, aux diverses époques de l'année, et mieux encore au cours d'une série d'années, sauf les circonstances assez rares de cataclysmes venant modifier le tréfond et les failles de la région.

d. La température de ces eaux peut être froide; mais elle est plus souvent chaude et, dans ce cas, elle peut dépasser 80°. Lorsque cette température est élevée, elle varie peu avec les saisons. Si ces eaux sont froides, au contraire, ou très peu thermales, leur température subit quelquefois des variations en raison des mélanges possibles, au-dessous de la surface, avec des filets d'eaux météoriques. Ce sont là des eaux mixtes.

e. Ce qui caractérise principalement les eaux vierges, c'est qu'on y trouve, le plus souvent en petites proportions, réunis ou non, les éléments caractéristiques des émanations filoniennes ou volcaniques : le fluor, le bore, l'arsenic, le phosphore, le brome, l'iode, le soufre à l'état de sulfure sodique, le bicarbonate sodique, la silice et les silicates alcalins, le fer, le cuivre, etc., l'ammoniaque, l'azote libre, l'argon, le néon, l'hélium, quelquefois un peu d'hydrogène et même de méthane, enfin l'émanation radioactive. La plupart de ces corps caractérisent une origine ignée et d'autant plus qu'ils sont associés à un plus grand nombre des autres principes que nous venons de nommer.

f. Les carbonates terreux, tels que ceux de chaux ou de magnésie, n'existent pas dans les eaux vierges, et les autres sels (chlorures, sulfates, etc.) de ces mêmes bases n'y sont que fort accessoires, aussi bien que les azotates et l'oxygène libre qui indiqueraient des mélanges avec les eaux superficielles [1].

Chacun des caractères que je viens de signaler successivement pour ces deux classes de sources ou d'eaux minérales est indicatif de leur origine superficielle ou éruptive, mais la détermination de cette origine est d'autant

---

[1] L'existence dans les *eaux de mer* de la plupart des éléments ci-dessus nommés en ferait des eaux d'origine primitivement ignée, mais la présence simultanée des sels terreux, particulièrement des bicarbonates de chaux, montre bien que ce sont là des eaux de type et d'origine mixte.

plus complète que ces divers caractères se confirment, s'accentuent et se réunissent dans une même eau. Il ne saurait y avoir de doute que lorsque plusieurs de ces signes font défaut ou se contredisent, auxquels cas il faut songer à une eau d'origine éruptive mélangée plus haut à des eaux météoriques.

L'apparition de ces caractères mixtes, ou leur disparition plus ou moins complète, suivant que sont choisis et aménagés les divers griffons qui souvent concourent à former une même source, peut donner d'excellents renseignements lorsqu'il s'agit de poursuivre le captage rationnel de ces eaux.

M. Édouard Heckel fait hommage à l'Académie du Tome VII (2e série, 1909) des *Annales du Musée colonial de Marseille*, publiées sous sa direction.

RAPPORTS.

Rapport sur le *Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides*, présenté par M. Gabriel Kœnigs dans la séance du 3 janvier 1910.

(Commissaires : MM. Poincaré, Humbert; Darboux, rapporteur.)

Dans différentes Communications, présentées à l'Académie au cours de ces dernières années, M. Gabriel Kœnigs, professeur de Mécanique physique à la Sorbonne, s'est occupé d'une question des plus intéressantes concernant le mouvement relatif de deux systèmes invariables. Si l'on considère, par exemple, une courbe quelconque liée au premier système, il n'arrive pas en général que cette courbe demeure, au cours du mouvement, tangente à une courbe invariablement liée au second système. Quand cela a lieu, il existe un ensemble de deux courbes conjuguées, liées respectivement aux deux solides invariables et qui ne cessent pas d'être tangentes l'une à l'autre au cours du mouvement relatif. C'est à l'étude, très importante à la fois pour la théorie et la pratique, de ces couples de courbes conjuguées qu'est consacré le travail développé soumis par M. Kœnigs au jugement de l'Académie. On s'était borné jusqu'ici à l'étude de deux cas particuliers qui se rencontrent fréquemment dans la pratique : celui où un plan fixe glisse sur un plan fixe, et celui où une sphère fixe, solidaire du premier système, glisse sur une sphère égale solidaire du second. Les re-

cherches relatives à ces cas spéciaux avaient conduit à des résultats de grand intérêt : la formule d'Euler par exemple, les constructions de Savary et de Bobillier; mais l'étude du cas le plus général, celui où le mouvement relatif des deux solides est quelconque, n'a été abordée pour la première fois que dans les Notes antérieures de M. Kœnigs et dans le travail actuel, qui est très développé. Ce travail marque un progrès décisif dans l'étude de cette belle question de Cinématique.

Il serait trop long de faire ici l'analyse du Mémoire de M. Kœnigs. Bornons-nous à caractériser la méthode qu'il y emploie. Désignons par S et S′ les deux corps qui se meuvent l'un par rapport à l'autre. Si l'on considère un point P du corps S, sa vitesse d'entraînement décrit dans le corps S, au cours du mouvement, un cône Γ_P auquel M. Kœnigs donne le nom de *cône des vitesses*. De même, si l'on considère un plan Π solidaire du même corps S, la caractéristique de ce plan dans le mouvement, droite que l'auteur appelle la *caractéristique d'entraînement*, enveloppe dans le plan Π une courbe (C_Π) qui se trouve être, dans le plan Π, le lieu des sommets des cônes Γ_P qui sont tangents à ce plan; en sorte que cette courbe (C_Π) et ce cône (Γ_P) sont précisément les deux éléments que votre rapporteur a introduits simultanément, dans l'étude géométrique qu'il a faite des équations aux dérivées partielles du premier ordre au début de son *Mémoire sur les solutions singulières* (t. XXVII des *Savants étrangers*).

Au moyen de ces éléments, les courbes (e) du système qui sont données d'enveloppe se définissent très simplement : *ce sont les courbes intégrales du cône* Γ_P, c'est-à-dire celles dont les tangentes sont des génératrices de ces cônes. Il faut toutefois écarter parmi ces courbes intégrales les hélices qui glissent, chacune sur elle-même, au cours des différents mouvements hélicoïdaux auxquels se réduit, à un instant donné, le mouvement considéré.

De même, si l'on considère les développables dont chaque génératrice touche la courbe (C_Π) contenue dans le plan Π, chacune de ces développables a une enveloppe, c'est-à-dire qu'elle touche constamment suivant une génératrice une autre développable solidaire du corps S′, à une exception près, présentée par les développables qui ont pour arêtes de rebroussement les hélices exceptionnelles que nous venons de signaler.

Pour entreprendre son étude, M. Kœnigs a adopté la méthode du trièdre mobile; mais il a eu l'heureuse idée d'employer un système d'axes mobiles placé en quelque sorte symétriquement par rapport aux deux corps S et S′. On sait que, si l'on considère à un instant donné l'axe du mouvement instantané, il décrit dans les deux corps S et S′ deux surfaces réglées (Φ),

(Φ') qui se raccordent constamment suivant une génératrice. Le trièdre mobile choisi par l'auteur est celui qui a pour axe des z la génératrice rectiligne commune à (Φ) et à (Φ'), pour origine O le point central commun de (Φ) et de (Φ') sur cette génératrice, et pour axe des y la normale commune en ce point à ces deux surfaces. Le choix d'un tel trièdre permet de réduire au strict minimum le nombre des paramètres qui suffisent à définir les mouvements. Il permet aussi à l'auteur de donner la solution complète du problème qu'il s'est posé et la signification cinématique des différentes équations.

Parmi les résultats qu'il a obtenus, je signalerai seulement les suivants :

A chaque courbe (e) douée d'enveloppe, on peut faire correspondre une fonction μ dont dépend la vitesse avec laquelle cette courbe est parcourue par son point de contact avec la courbe (e') qu'elle enveloppe. Tous les points M qui décrivent leurs courbes (e), (e') avec la même détermination de la fonction μ, tous ces points constituent un solide invariable S_μ.

L'ensemble des solides S_μ comprend comme cas particulier les corps S et S'; il jouit de nombreuses propriétés, qui ont été très complètement et très finement analysées par l'auteur.

Un des Chapitres les plus intéressants du Mémoire est celui qui concerne la courbure de deux courbes conjuguées (e), (e'). Si l'on considère deux de ces courbes, se croisant en un point M et y admettant une tangente fixe t_p du cône Γ_p, leurs axes de courbure forment, dans le plan normal commun, un faisceau plan dont le sommet P_1 a de nombreuses propriétés. M. Kœnigs l'appelle l'*associé* du point P.

La correspondance entre P et P_1 est soigneusement étudiée par l'auteur. Elle est birationnelle, involutive et cubique.

M. Kœnigs étudie aussi avec grand détail la correspondance entre les axes de courbure des courbes conjuguées (e), (e'). Pour toutes ces propriétés, je ne puis que renvoyer à son travail, mais j'insisterai au contraire sur une belle généralisation que l'auteur donne à l'un de ses théorèmes les plus essentiels.

Envisageons, d'une manière générale, des courbes assujetties à vérifier une seule équation de la forme

$$f\left(x, y, z, \frac{dx}{dz}, \frac{dy}{dz}\right) = 0.$$

Quand cette fonction f a une forme particulière, on retrouve les courbes (e), (e') définies plus haut. Considérons l'équation sans rien spécifier sur la fonction f. M. Kœnigs montre qu'on peut étendre à ses courbes intégrales la

propriété établie dans un cas particulier. Si l'on considère toutes celles de ces courbes qui, passant en un point P, y admettent la même tangente, *tous leurs axes de courbure vont passer par un même point* P_1 ; *de sorte que le lieu de leurs centres de courbure est un cercle décrit dans le plan normal et admettant* PP_1 *comme diamètre.*

Ce beau théorème rappelle et comprend celui qu'on doit à Meusnier.

Nous ne poursuivrons pas plus loin cette analyse. Nous en avons dit assez pour prouver que, dans ce nouveau travail, M. G. Kœnigs a donné de nouvelles et éclatantes preuves de ce sens profond des choses de la Mécanique qui caractérise ses travaux antérieurs.

C'est donc sans aucune hésitation que nous concluons en demandant à l'Académie de vouloir bien ordonner l'insertion du Mémoire dans le *Recueil des Savants étrangers*.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence du Président de l'Académie, doit comprendre trois Membres choisis dans les Sections de Sciences mathématiques et trois Membres choisis dans les Sections de Sciences physiques.

MM. **Jordan**, **Darboux**, **Lippmann**; **Ph. van Tieghem**, **Armand Gautier**, **Roux** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de l'un de ses Membres qui devra faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, en remplacement de M. *Bouquet de la Grye*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 46 :

M. Léauté	obtient	. . . . .	26 suffrages
M. Le Chatelier	»	. . . . .	20 »

M. **Léauté**, ayant réuni la majorité des suffrages, est désigné pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, au titre de représentant de l'Académie des Sciences.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1910.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

ZOOLOGIE : *Prix Savigny, Thore.* — MM. Ranvier, Perrier, Chatin, Delage, Bouvier, Henneguy, Grandidier, Lannelongue, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Douvillé.

MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate.* — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

PHYSIOLOGIE : *Prix Montyon* (Physiologie expérimentale), *Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat.* — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Pourat* pour l'année 1913.

Prix Montyon, Statistique. — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Carnot, Rouché, Alfred Picard, le prince Roland Bonaparte, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Poincaré.

Prix Binoux, Histoire des Sciences. — MM. Darboux, Grandidier, Poincaré, Émile Picard, Guyou, Bouvier, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Bigourdan.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — MM. Émile Picard, Armand Gautier, Darboux, Ph. van Tieghem.

Prix Gegner, Lannelongue, Trémont. — MM. Émile Picard, Armand Gautier, Darboux, Ph. van Tieghem, Maurice Levy, Bornet.

Prix Wilde. — MM. Maurice Levy, Darboux, Troost, Lippmann, Poincaré, Émile Picard, Violle.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Baillaud.

Prix Lonchampt. — MM. Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Chauveau, Perrier.

PLIS CACHETÉS.

ÉLECTRICITÉ ET OPTIQUE. — *Sur une solution du problème de la vision à distance*, par M. **H.-C. Saint-René**. [Pli cacheté reçu le 8 juillet 1895 et ouvert, sur la demande de l'auteur, le 27 décembre 1909 (Extrait).]

L'appareil que je vais décrire permet d'obtenir, à une distance indéterminée, l'image d'un objet placé devant le transmetteur, ainsi que ses mouvements s'il est animé, mais non ses couleurs.

Il comprend : 1° un transmetteur, devant lequel se trouve l'objet; 2° une ligne formée de fils métalliques où circule un courant; 3° un récepteur où se forme l'image.

Transmetteur. — Je m'appuie pour le construire sur deux faits :

I. La conductibilité du sélénium pour l'électricité est beaucoup plus grande à la lumière que dans l'obscurité et croît proportionnellement à l'intensité de l'éclairement (*cf.* Graham Bell, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXI, p. 399).

II. Pour avoir l'impression de la forme et des détails d'un objet, il n'est pas nécessaire que l'œil reçoive les rayons émanés de tous les points, mais seulement ceux qui proviennent d'un certain nombre de points et dont l'ensemble donnera une image d'autant plus parfaite que ces points seront plus nombreux.

D'après cela, le transmetteur se compose en principe d'une chambre noire avec objectif. Le fond de la chambre, qui reçoit l'image de l'objet, est constitué par une lame de gutta-percha, portant un très grand nombre de petites cavités à fond plat. Chacune d'elles reçoit un point de l'image; à travers la gutta-percha viennent déboucher dans chaque cavité deux fils de laiton isolés l'un de l'autre, qu'on contourne à plat sans qu'ils se touchent. Le tout est recouvert d'une gouttelette de sélénium cristallisé.

Chaque élément est intercalé dans le circuit d'une pile. Suivant que le point de l'objet dont il reçoit l'image sera plus ou moins éclairé, l'intensité sera plus ou moins grande.

Il s'agit maintenant d'obtenir au récepteur un point lumineux correspon-

dant au point de l'objet dont l'image se forme sur notre élément au sélénium, la lumière devant éprouver aux deux points correspondants les mêmes variations d'intensité.

Récepteur. — Je fais arriver sur le point considéré du récepteur la lumière d'une source quelconque (de préférence la lumière solaire), en utilisant le courant de la ligne pour régler l'éclairement de ce point, suivant l'intensité du courant.

Divers dispositifs peuvent être employés. On n'en indiquera qu'un.

Une baguette de verre recourbée et coupée à ses deux extrémités perpendiculairement à son axe reçoit sur sa section inférieure, verticale, la lumière qu'elle conduit (en agissant à la façon de la veine liquide dans les fontaines lumineuses) à sa section supérieure, horizontale, où l'œil la perçoit. Devant la section inférieure se trouve une plaque de verre pouvant glisser de haut en bas et graduellement noircie depuis le haut, qui est tout noir, jusqu'au bas, qui est complètement transparent. Au repos, un ressort maintient la partie noircie de la plaque devant la baguette et aucun rayon n'y pénètre. Lorsque le courant passe, la plaque, sollicitée par un électro-aimant actionné par le courant, se relève proportionnellement à l'intensité du courant reçu et l'œil perçoit une quantité de lumière également proportionnelle. Ce dispositif a l'avantage de donner pour la construction les espaces nécessaires, les différentes baguettes de verre pouvant être contournées à volonté, leurs extrémités supérieures serrées les unes contre les autres.

La méthode que je viens d'exposer schématiquement exigerait un fil par chaque point de l'objet ainsi transmis. Mais il serait possible de réduire considérablement le nombre des fils, ainsi que celui des éléments au sélénium, en faisant passer par un mécanisme convenable un même élément devant un grand nombre de points, de telle sorte qu'il revienne au même endroit à des intervalles de $\frac{1}{10}$ de seconde au maximum.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui autorise notamment l'Académie des Sciences à accepter le legs fait à son profit par M. *Claude-Léon Demolombe*.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Le premier fascicule du Tome IV du *Traité de Physique*, de O.-D. Chwolson, traduit par E. Davaux, avec des Notes de MM. E. et F. Cosserat. (Présenté par M. G. Darboux.)

2° *Inventions relatives au graissage des machines marines*, par M. Ch. Bertrand. (Présenté par M. L.-E. Bertin.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Nouveaux canaux de la planète Mars.* Note de M. **Percival Lowell**, présentée par M. H. Deslandres.

Le 30 septembre 1909, deux grands canaux furent remarqués à Flagstaff sur Mars à l'est du Syrtis Major, à un endroit où l'on n'en avait jamais observé auparavant.

L'examen des *Annales de l'Observatoire* a montré qu'ils n'avaient pas été observés en juillet dernier et qu'ils manquaient sur toutes les Cartes dressées à l'Observatoire depuis 1894. Les photographies prises en 1905 et 1907 ne les montrent pas non plus.

Les archives de l'Observatoire qui contiennent plusieurs milliers de dessins et de photographies ont permis de constater ce qui suit :

L'invisibilité des deux canaux précités avant septembre 1909 ne peut être due à aucune cause inhérente à l'instrument, à l'observateur ou à l'état du ciel. Elle ne peut être due non plus à la petitesse des images, à la distance de Mars ou à la grandeur de la phase. Un changement régulier occasionné par les saisons ne peut également être invoqué.

Il ne reste donc qu'une seule explication : ces canaux ne sont pas simplement nouveaux pour nous (nous en avons découvert plus de 400 à Flagstaff); ils sont aussi nouveaux sur Mars. Le fait n'a pu être révélé que par une période de 15 années d'observation assidue à Flagstaff.

Ces canaux nouveaux ont tous les caractères des autres canaux, c'est-à-dire l'aspect d'une ligne uniforme d'apparence géométrique. Une plaque prise par moi et qui accompagne cette Note les montre à la place indiquée; à cause de la petitesse des images, ils sont confondus en un seul.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclat intrinsèque du Soleil.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Maurice Hamy.

1. Je me propose de déterminer l'éclat intrinsèque du Soleil, en partant de sa température effective qui, mesurée avec mon pyromètre stellaire hétéro-

chrome, a été trouvée égale à 5320° absolus, et correspond à une valeur de $\log \frac{R}{B}$ égale à $-0,690$ (*Comptes rendus*, 6 décembre 1909).

On sait que l'éclat d'un corps incandescent, qui émet de la lumière blanche, varie sensiblement en fonction de la température, comme l'intensité de la radiation correspondant au maximum de luminosité ($\lambda = 0^{\mu},54$). Cette loi a été vérifiée avec les diverses sources lumineuses que nous pouvons réaliser sur la Terre, et notamment par M. Féry sur les lampes à incandescence. Or en mesurant à travers l'écran vert de mon appareil (dont la longueur d'onde efficace est précisément égale à $0^{\mu},54$) les rapports des éclats d'un grand nombre d'étoiles correspondant à des températures effectives comprises entre 2800° et plus de 15000°, j'ai trouvé que ces rapports sont en général identiques, dans les limites des erreurs d'observation, à ceux qu'indiquent pour les éclats globaux de ces étoiles les grands Catalogues photométriques de Harvard et de Potsdam. *Il s'ensuit que la loi précédente qu'on n'avait pu jusqu'ici vérifier que pour des températures inférieures à* 4000°, *est valable jusqu'à plus de* 15000°.

II. Donc, l'éclat intrinsèque du Soleil serait, d'après sa température effective, et en appliquant la loi de Planck, inversement proportionnel à

$$(1) \qquad e^{\frac{14600}{0,54 \times 5320}} - 1.$$

Mais le Soleil n'est pas rigoureusement assimilable à un corps noir, puisque sa photosphère est entourée d'une atmosphère absorbante. On connaît par les recherches de Vogel-Seeliger la valeur des coefficients de transmission de cette atmosphère pour les diverses longueurs d'onde et notamment de ceux p_R et p_B qui sont relatifs aux longueurs d'onde efficaces de mes écrans rouge et bleu (*loc. cit.*). On trouve ainsi que l'atmosphère solaire a pour effet de diminuer de 0,093 la valeur absolue de $\log \frac{R}{B}$ qui correspondrait au rayonnement de la photosphère. Cette valeur serait donc égale à

$$-(0,690 + 0,93) = -0,783.$$

On en déduit, d'après ma courbe d'étalonnage, que *la température effective de la photosphère solaire est égale à* 6450° *absolus*.

L'éclat intrinsèque de la photosphère est donc inversement proportionnel à

$$(2) \qquad e^{\frac{14600}{0,54 \times 6450}} - 1.$$

Mais, d'autre part, les résultats de Vogel-Seeliger montrent que le coeffi-

cient de transmission global de l'atmosphère solaire pour la lumière blanche est très voisin de celui qui correspond à la longueur d'onde $0^{\mu},54$, et sensiblement égal à $0,66$. Il s'ensuit donc finalement que l'éclat intrinsèque du Soleil est inversement proportionnel à

$$(3) \qquad \frac{1}{0,66} \times \left(e^{\frac{14600}{0,54 \times 6150}} - 1\right).$$

De la discussion des expressions (1), (2) et (3), on déduit ce qui suit :

1° *Le Soleil émet* $1,62$ *fois plus de lumière qu'on ne le calculerait d'après sa température effective de* $5320°$. *Son éclat apparent correspond à une température intermédiaire entre cette température effective et celle de sa photosphère, et voisine de* $5870°$.

2° *Il s'ensuit que l'on ne trouvera pas, en général, la même valeur pour la température effective du Soleil suivant qu'on la mesurera au moyen de la valeur absolue de telle ou telle partie de son rayonnement, ou au moyen du rapport des intensités relatives à diverses longueurs d'onde. Le Soleil, dans son ensemble, n'est donc pas, à ce point de vue, assimilable à un corps noir.*

D'autre part, on sait que l'étalon Violle est égal à 20 bougies décimales, et sa température absolue voisine de $2043°$. Son éclat, d'après la loi employée ci-dessus, est proportionnel inversement à

$$(4) \qquad \left(e^{\frac{14600}{0,54 \times 2043}} - 1\right).$$

En outre, les expériences de Holborn et Henning ont établi que le rayonnement visible du platine en fusion est trois fois plus petit que celui d'un corps noir de même température. On calcule alors, en tenant compte de ce qui précède et des expressions (3) et (4), que *l'éclat intrinsèque du Soleil est égal à* 319000 *bougies décimales par centimètre carré.*

III. De la discussion de toutes les observations faites depuis Bouguer, de l'éclairement produit par le Soleil au zénith, Müller a conclu [1] qu'il équivaut sensiblement à celui de 60000 *candles anglaises* placés à 1^{m}. En admettant avec Müller et d'après les résultats de divers observateurs que la transmission zénithale moyenne de l'atmosphère terrestre est à très peu près de $0,80$ pour la lumière blanche, et que la surface agissante de la candle est environ 3^{cm^2} [1], on en déduirait facilement, en tenant compte de la valeur de la candle et des dimensions et de la distance du Soleil, que chaque centimètre carré de celui-ci a un éclat égal à celui de 301500 bougies

---

[1] Müller, *Photometrie der Gestirne*, p. 311 et *passim*.

décimales. Ce nombre et celui que nous avons trouvé ci-dessus d'une manière complètement indépendante ne diffèrent de leur moyenne que de ± 3 pour 100.

On en peut conclure finalement ce qui suit :

1° *Cette remarquable concordance tend à prouver que la photosphère du Soleil se comporte très sensiblement comme un corps noir et que son pouvoir émissif doit être voisin de l'unité;*

2° *La simple mesure de l'éclairement produit par le Soleil fournit, en suivant la marche inverse de celle que nous avons indiquée dans cette Note, un procédé très simple pour déterminer la température effective de cet astre.*

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1910*a*, *faites à l'Observatoire de Marseille* (*équatorial d'Eichens de* $0^m,26$ *d'ouverture*). Note de M. **Coggia**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔP.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	P apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Févr. 4..	6. 3.21	−1. 8,23	− 4.49,2	15:10	21.44.10,18	+$\bar{1}$,624	85. 7.48,8	−0,769	1
» 4..	6.26.11	−0.17,75	− 0. 9,3	15:10	21.44.12,47	+$\bar{1}$,637	85. 7.15,5	−0,773	2
» 5..	6.29.42	+8.19,50	− 8. 6,4	15:13	21.46. 2,95	+$\bar{1}$,632	84.35.54,0	−0,773	3
» 7..	6.15.47	+0. 0,78	+ 5.20,9	15:10	21.49.26,90	+$\bar{1}$,631	83.39. 9,2	−0,770	4
» 7..	6.41.25	+0.37,95	+ 0. 4,6	15:10	21.49.28,89	+$\bar{1}$,634	83.38.35,4	−0,776	5
» 8..	6.18.50	−0.56,15	+ 1.38,0	15:10	21.51. 2,93	+$\bar{1}$,632	83.12.52,7	−0,771	6
» 9..	6.29.43	−3.43,42	+12.47,9	12: 8	21.52.37,06	+$\bar{1}$,634	82.47.46,7	−0,773	7
» 10..	6.26.57	−2.15,87	−10.44,0	15:10	21.54. 4,62	+$\bar{1}$,635	82.24.14,9	−0,773	8
» 11..	6.22. 9	−1. 9,91	− 9.19,8	15:10	21.55.29,52	+$\bar{1}$,635	82. 1.23,5	−0,772	9

Positions moyennes des étoiles de comparaison 1910,0.

★	G°.	R moyenne.	Réduction au jour.	P moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..	7,6	21.45.20,26	−1,85	85.12.27,3	+10,7	AG., Albany, 7624
2..	8,8	21.44.32,07	−1,85	85. 7.14,1	+10,7	AG., Albany, 7614
3..	5,2	21.37.45,30	−1,85	84.43.49,5	+10,9	AG., Albany, 7582
4..	6,6	21.49.27,95	−1,83	83.33.37,5	+10,8	AG., Leipzig II, 11000
5..	8,9	21.48.52,77	−1,83	83.38.20,0	+10,8	AG., Leipzig II, 10996
6..	8,5	21.52. 0,91	−1,83	83.11. 3,9	+10,8	AG., Leipzig II, 11023
7..	8,4	21.56.22,30	−1,82	82.34.48,0	+10,8	AG., Leipzig II, 11065
8..	8,4	21.56.22,30	−1,81	82.34.48,0	+10,9	AG., Leipzig II, 11065
9..	6,0	21.56.41,24	−1,81	82.10.32,3	+11,0	AG., Leipzig II, 11071

Le 4 février, la comète se montre dans l'instrument presque en même temps que l'étoile 7624 Albany. Elle s'est beaucoup affaiblie depuis le 30 janvier. On voit encore des traces de la queue dans le voisinage du noyau.

Le 11, la comète apparaît dans l'instrument peu après l'étoile 11065 Leipzig II. Elle se présente comme une nébulosité brillante dont les bords se fondent dans les lueurs crépusculaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème général d'existence des fonctions fondamentales correspondant à une équation différentielle linéaire du second ordre.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

Dans un Article, inséré en 1896 dans les *Communications de la Société mathématique de Kharkow*, ainsi que dans mon Mémoire : *Problème de refroidissement, etc.* (*Annales de Toulouse*, 1901) j'ai indiqué une extension de la méthode de Schwarz-Poincaré, qui permet non seulement de démontrer l'existence des fonctions fondamentales $V_k(x)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ satisfaisant à l'équation

$$V''_k(x) + [\lambda_k p(x) - q(x)] V_k(x) = 0, \tag{1}$$

mais encore conduit à certaines égalités importantes résolvant, en outre, le problème du développement d'une fonction arbitraire en séries procédant suivant les fonctions $V_k(x)$.

Je me suis borné, dans les travaux mentionnés, au cas le plus simple, où les fonctions $p(x)$ et $q(x)$ restent positives dans l'intervalle donné (a, b), et les conditions aux limites ont la forme suivante :

$$V'_k(a) - hV_k(a) = 0, \qquad V'_k(b) + HV_k(b) = 0 \qquad (h > 0,\ H > 0); \tag{2}$$

j'ai remarqué ensuite que la même méthode, convenablement modifiée, s'applique aussi au cas où la fonction $p(x)$ satisfait à la seule condition d'être continue dans l'intervalle donné, et je l'ai montré dans un Mémoire qui paraîtra dans les *Memorie dell'Accademia dei Lincei*.

Je me suis borné, dans ces dernières recherches, à la supposition que les fonctions $V_k(x)$ satisfassent aux conditions de la forme (2). Maintenant je me suis assuré que la même méthode s'étend aussi au cas où les fonctions $V_k(x)$ vérifient les conditions aux limites de cette forme générale

$$\left\{\begin{array}{l} a_1 V_k(a) + a_2 V'_k(a) + a_3 V_k(b) + a_4 V'_k(b) = 0, \\ b_1 V_k(a) + b_2 V'_k(a) + b_3 V_k(b) + b_4 V'_k(b) = 0. \end{array}\right. \tag{3}$$

L'étude plus profonde des principes de cette méthode et des conditions nécessaires et suffisantes pour qu'elle s'applique au cas général que je viens d'indiquer, m'a conduit à un théorème général que je vais signaler dans cette Note.

THÉORÈME. — *Quelles que soient la fonction $p(x)$ continue dans l'intervalle (a, b) et la fonction $q(x)$, positive dans cet intervalle, il existe une infinité de nombres λ_k et de fonctions correspondantes V_k vérifiant les équations* (1) *et* (3), *pourvu que les constantes a_i, b_i satisfassent à l'un de ces trois types de conditions dont chacun contient deux cas, en général différents.*

PREMIER TYPE. — *Les constantes a_i, b_i satisfont à l'équation*

$$a_3 b_4 - a_4 b_3 = a_1 b_2 - a_2 b_1.$$

Ce premier type contient les deux cas suivants :

PREMIER CAS.

$$\Delta_1 = a_1 b_4 - a_4 b_1 \geqq 0, \qquad (a_1 b_3 - a_3 b_1)\Delta_1 \geqq 0, \qquad (a_4 b_2 - a_2 b_4)\Delta_1 \geqq 0.$$

DEUXIÈME CAS.

$$\Delta_2 = a_2 b_3 - a_3 b_2 \geqq 0, \qquad (a_3 b_1 - a_1 b_3)\Delta_2 \geqq 0, \qquad (a_2 b_4 - a_4 b_2)\Delta_2 \geqq 0.$$

DEUXIÈME TYPE. — *Les constantes a_i, b_i satisfont à la condition*

$$(a_2 b_4 - a_4 b_2)(a_3 b_1 - a_1 b_3) = 0.$$

Ce deuxième type contient les deux cas suivants :

PREMIER CAS.

$$\Delta_3 = a_1 b_2 - a_2 b_1 \geqq 0,$$
$$(a_2 b_3 - a_3 b_2)(a_4 b_1 - a_1 b_4) = \Delta_3^2,$$
$$(a_2 b_3 - a_3 b_2)(a_3 b_1 - a_1 b_3) \geqq 0, \qquad (a_2 b_4 - a_4 b_2)(a_4 b_1 - a_1 b_4) \geqq 0.$$

DEUXIÈME CAS.

$$\Delta_4 = a_3 b_4 - a_4 b_3 \geqq 0,$$
$$(a_2 b_3 - a_3 b_2)(a_4 b_1 - a_1 b_4) = \Delta_4^2,$$
$$(a_4 b_1 - a_1 b_4)(a_1 b_3 - a_3 b_1) \geqq 0, \qquad (a_4 b_2 - a_2 b_4)(a_2 b_3 - a_3 b_2) \geqq 0.$$

TROISIÈME TYPE. — *Les constantes a_i, b_i satisfont aux conditions*

$$a_2 b_1 - a_1 b_2 = 0, \qquad a_3 b_4 - a_4 b_3 = 0.$$

Ce troisième type contient les deux cas suivants :

PREMIER CAS.

$$\Delta_5 = a_1 b_3 - a_3 b_1 \gtrless 0,$$

$$(a_1 b_4 - a_4 b_1) \geqq 0, \qquad a_3 b_2 - a_2 b_3 \geqq 0.$$

DEUXIÈME CAS.

$$\Delta_6 = a_2 b_4 - a_4 b_2 \gtrless 0,$$

$$(a_4 b_1 - a_1 b_4) \geqq 0, \qquad a_2 b_3 - a_3 b_2 \geqq 0.$$

Remarquons que ces derniers cas peuvent être ramenés à un seul de la forme (2), si nous supposons que les constantes h et H puissent atteindre leurs *valeurs limites*

$$h = \mathrm{H} = 0 \qquad \text{et} \qquad h = \mathrm{H} = +\infty.$$

Si la fonction $p(x)$ reste positive dans (a, b) (ou négative), les nombres λ_k sont aussi positifs (ou négatifs); si $p(x)$ change son signe, les nombres λ_k se décomposent en deux groupes dont l'un contient une infinité de nombres caractéristiques négatifs, l'autre une infinité de nombres positifs. Les nombres λ_k satisfont toujours aux conditions $|\lambda_k| > ak^2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions analytiques uniformes.* Note de M. **D. Pompéiu**, présentée par M. Painlevé.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 3 janvier 1910), M. Denjoy a fait, au sujet de ma Communication du 6 décembre 1909, des observations auxquelles je demande la permission d'ajouter quelques éclaircissements.

I. En gardant les notations de M. Denjoy, je vais montrer d'abord comment, dans des cas très généraux, la nullité des I entraîne celle des J, *quel que soit l'ensemble* E (quant à la sinuosité).

Pour cela je prends un ensemble E borné, parfait, partout non dense (sans points *intérieurs*), d'aire partout non nulle et tel que son ensemble complémentaire soit d'un seul tenant.

Sur cet ensemble E (ses points seront désignés par $\zeta = \xi + i\eta$), je définis une fonction $\varphi(\zeta)$, *continue sur* E et nulle en dehors de E, et je forme l'intégrale double

$$\mathrm{F}(z) = \frac{1}{2i\pi} \iint_{\mathrm{E}} \frac{\varphi(\zeta)}{z - \zeta} d\omega.$$

C'est la même intégrale double avec laquelle j'ai construit (*Comptes rendus*, 28 novembre 1904) le premier exemple d'une fonction analytique partout continue.

Je dis maintenant que si E est partout discontinu (d'après les propriétés que je lui ai d'abord supposé, il peut aussi être d'un seul tenant), les intégrales I ne peuvent pas être toutes nulles.

En effet, autour d'un point ζ, où $\varphi(\zeta) \neq 0$, on peut tracer un contour C (évitant les points ζ) et tel que les parties réelle et imaginaire φ gardent le même signe pour tout point ζ contenu dans C.

Cela posé, calculons I : on obtient

$$I = \int_C F(z)\,dz = \int\int_{(C)} \varphi(\zeta)\,d\omega$$

en commençant dans le second membre l'intégration par la variable z, et désignant par (C) la région du plan contenue dans C.

Ce résultat montre évidemment que les I ne peuvent pas être tous nuls, et l'on voit que la sinuosité de l'ensemble E n'intervient point dans la démonstration.

Supposons maintenant que la fonction $\varphi(\zeta)$ soit discontinue sur E et même qu'elle possède des zéros denses sur E. Dans ce cas, on peut avoir recours à la sinuosité et prouver, comme l'a montré M. Denjoy lui-même, que, lorsque la sinuosité est finie, la nullité des I entraîne celle des J.

Mais ce cas et l'autre, plus délicat, où φ est discontinue et la sinuosité de E infinie, demandent un examen détaillé que je ne peux pas résumer ici.

J'ai voulu seulement, par l'exemple donné, appuyer la conclusion suivante :

Si le cas d'exception, signalé par M. Denjoy, existe réellement, il est dû non seulement à la nature (sinuosité) de l'ensemble E des points singuliers, mais aussi à la nature même de la fonction analytique $F(z)$ qui admet ces points de E comme points singuliers.

II. D'ailleurs, dans ma Note du 6 décembre 1909, je n'avais introduit les intégrales I que pour le cas où les intégrales plus générales J n'avaient pas toutes un sens. Pour une fonction analytique partout continue, cette difficulté ne se présente pas et alors ce sont les intégrales J que je considère, surtout parce que l'ensemble E peut être d'un seul tenant.

La propriété des J me sert dans la représentation des fonctions $F(z)$, avec $F'(z)$ bornée, par des intégrales doubles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles dont l'intégrale générale possède une coupure essentielle mobile.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Painlevé.

Comme je l'ai montré dans des Communications antérieures, l'intégrale générale de chacune des équations [1]

$$y''' = 2yy'' - 3y'^2, \tag{1}$$

$$y''' = 2yy'' - 3y'^2 + \frac{4}{36 - n^2}(6y' - y^2)^2 \qquad (n \text{ entier} > 6), \tag{2}$$

est uniforme dans une région limitée par une coupure rectiligne ou circulaire, variable avec les constantes d'intégration. Elle peut s'exprimer comme suit.

Soient l'équation hypergéométrique de Gauss

$$t(1-t)\frac{d^2z}{dt^2} + \left(\frac{1}{2} - \frac{7t}{6}\right)\frac{dz}{dt} - \frac{1}{4}\left(\frac{1}{36} - \frac{1}{n^2}\right)z = 0 \qquad (n \text{ entier} > 6 \text{ ou } n = \infty),$$

et deux intégrales distinctes de cette équation z et z_1; l'équation $x = z_1(t) : z(t)$ définit une fonction de Schwarz $t(x)$, dont le triangle fondamental a comme angles $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{3}$, $\frac{\pi}{n}$, et qui existe dans une région limitée par une coupure rectiligne ou circulaire : l'intégrale générale de l'équation (2) ou (1) est $y(x) = \frac{6}{z}\frac{dz}{dx}$; elle est définie et uniforme dans la même région. L'équation (1) admet l'intégrale particulière

$$y = -\frac{6}{x + A} + \frac{C}{(x + A)^2};$$

son intégrale générale est holomorphe dans la région dans laquelle elle est définie. L'équation (2) admet les intégrales particulières

$$y = -\frac{-6}{x + A}, \qquad y = \frac{n - 6}{2(x + A)} - \frac{n + 6}{2(x + B)};$$

son intégrale générale est méromorphe dans la région dans laquelle elle est définie : elle admet les pôles de la fonction $t(x)$ comme pôles simples de résidu $\frac{n - 6}{2}$.

---

[1] *Comptes rendus*, 4 octobre 1909.

Posons dans l'équation (2) $y = \frac{n-6}{2}\frac{u'}{u}$: la fonction u satisfait à l'équation différentielle

$$(3) \qquad uu^{\text{IV}} - (n-2)\,uu'u''' + \frac{3n(n-2)}{3(n+6)}u''^2 = 0$$

dont l'intégrale générale est par suite $u(x) = z^{\frac{12}{n-6}}$; cette intégrale générale est définie de même d'un côté d'une droite, à l'intérieur ou à l'extérieur d'une circonférence. Elle est holomorphe en tout point de la région dans laquelle elle est définie, sauf en général au point $x = \infty$. Les intégrales définies à l'intérieur de leur coupure, ou celles qui admettent une coupure rectiligne, sont uniformes. Les intégrales définies à l'extérieur de leur coupure admettent en général le point $x = \infty$ comme point critique, et la coupure comme ligne critique : une détermination de ces intégrales, suivie le long d'un chemin qui tourne une fois autour de la coupure dans le sens direct, est multipliée par $e^{2i\pi\times\frac{12}{6-n}}$; elles ont un nombre de branches égal au dénominateur de la fraction irréductible égale à $\frac{12}{n-6}$, comme les intégrales particulières $u = x^{\frac{12}{6-n}}$, $x^{\frac{6+n}{6-n}}(x + C)$, auxquelles elles se réduisent quand leur coupure circulaire se réduit à un point.

De même, l'intégrale générale de l'équation transformée de l'équation (1) en $\int y\,dx = Y$,

$$Y^{\text{IV}} = 2\,Y'Y''' - 3\,Y''^2$$

est uniforme, si elle est définie à l'intérieur de sa coupure; si elle est définie à l'extérieur, elle admet une infinité de déterminations, permutables autour du point $x = \infty$ et de la coupure, et différant d'un multiple de $12\pi i$, comme les déterminations de l'intégrale particulière $Y = -6\log x + \frac{C}{x}$.

La fonction u, rendue homogène de degré $\frac{12}{6-n}$, satisfait à l'équation aux dérivés partielles remarquable

$$(4) \qquad \frac{\partial^5 u}{\partial x^5}\frac{\partial^5 u}{\partial x_1^5} - 4\frac{\partial^3 u}{\partial x^3\,\partial x_1}\frac{\partial^3 u}{\partial x\,\partial x_1^3} + 3\left(\frac{\partial^3 u}{\partial x^2\,\partial x_1^2}\right)^2 = 0,$$

x_1 désignant une variable d'homogénéité pour $n = 2, 3, 4, 5$; les intégrales de l'équation (3) sont des polynomes connus.

Si dans l'équation (2) on pose

$$y = -\frac{n+6}{2}\frac{\varphi'}{\varphi},$$

la fonction v satisfait à l'équation différentielle

$$(5) \qquad v v^{\text{IV}} + (n+2) v' v''' - \frac{3n(n+2)}{2(n-6)} v''^2 = 0.$$

L'intégrale générale de l'équation (5) est donc

$$v(x) = z^{-\frac{12}{n+6}} = u^{\frac{6-n}{6+n}}.$$

Elle admet comme points critiques les zéros de u, c'est-à-dire les pôles de $t(x)$. Autour de chacun de ces points critiques, et, si elle est définie à l'extérieur de sa coupure, autour du point $x = \infty$ et de la coupure, elle acquiert un nombre de déterminations égal au dénominateur de la fraction irréductible égale à $\frac{12}{n+6}$; si D désigne ce dénominateur, la fonction v^{D} est uniforme dans tous les cas.

La fonction v, rendue homogène de degré $\frac{12}{n+6}$, satisfait à la même équation aux dérivées partielles que la fonction u. Nous obtenons donc l'intégrale générale homogène de degré $\frac{12}{6-\text{N}}$ de l'équation aux dérivées partielles (4), pour les valeurs entières de N, sauf les suivantes : 0, ∓ 1, ± 6.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation des fonctions abéliennes.* Note de M. **G. Cotty**, présentée par M. G. Humbert.

Dans le *Journal de Liouville* (t. I, 1885), M. Picard a établi l'existence d'un groupe hyperabélien particulier déduit de l'étude des transformations d'Hermite du premier ordre, laissant invariante la relation singulière

$$h^2 - gg' = \text{D}$$

entre les périodes

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & g & h \\ 0 & 1 & h & g' \end{vmatrix}$$

d'un système de fonctions abéliennes. C'est ce groupe qu'a étudié M. Bourget dans sa Thèse (*Thèses* de la Faculté des Sciences de Paris, 1898).

Nous avons trouvé un groupe analogue en recherchant les transformations du premier ordre d'Hermite laissant invariante une relation singulière

$$\text{A}g + \text{B}h + \text{C}g' + \text{D}(h^2 - gg') + \text{E} = 0.$$

où l'invariant

$$\Delta = B^2 - 4AC - 4DE$$

est un nombre impair (non carré parfait), nécessairement alors de la forme $4n+1$, n étant un entier positif.

M. Humbert ayant montré (*Journal de Liouville*, t. VI, 1900) que toute relation singulière est équivalente à une relation singulière de même invariant dans une transformation du premier ordre ordinaire, et ayant indiqué comment on trouvait la transformation liant les deux relations, il nous suffit de chercher les transformations d'Hermite d'ordre égal à ± 1, laissant inaltérée la relation

$$g + h - ng' = 0$$

d'invariant $\Delta = 4n+1$.

Soit

$$\begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 \\ c_0 & c_1 & c_2 & c_3 \\ d_0 & d_1 & d_2 & d_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant, égal à $+1$, des coefficients de la transformation.

Posons

$$\sigma = \sqrt{\Delta} - 1; \qquad \rho = \sqrt{\Delta} + 1;$$

$$g = \frac{\xi\sigma^2 - \eta\rho^2}{4\sqrt{\Delta}}; \qquad h = \frac{\xi\sigma + \eta\rho}{2\sqrt{\Delta}}; \qquad g' = \frac{\xi - \eta}{\sqrt{\Delta}};$$

les substitutions sur g, h, g' peuvent se ramener aux substitutions sur ξ, η que nous indiquons ci-dessous. Bien que la méthode et les calculs soient considérablement simplifiés par une interprétation géométrique de la transformation d'Hermite due à M. Humbert, nous ne pouvons les exposer dans cette Note où nous nous bornerons à indiquer les résultats fondamentaux.

Les substitutions (Σ) sur (ξ, η) sont de la forme

$$(S) \qquad (\xi, \eta)\left(\frac{a\xi + a}{c\xi + d}, \frac{a'\eta + b'}{c'\eta + d'}\right),$$

$$(T) \qquad (\xi, \eta)\left(\frac{a\eta + b}{c\eta + d}, \frac{a'\xi + b'}{c'\xi + d'}\right).$$

Les a, b,... désignent des nombres de la forme

$$(1) \qquad M + N\sqrt{\Delta},$$

M et N étant des entiers, ou de la forme

$$\frac{M}{2} + \frac{N}{2}\sqrt{\Delta}, \tag{2}$$

M et N étant deux entiers impairs; a' est le conjugué du nombre a, obtenu en changeant $\sqrt{\Delta}$ en $-\sqrt{\Delta}$ et les déterminants $ad - bc$ sont égaux à ± 1.

Ces substitutions (S) et (T) forment un groupe dont les (S) sont un sous-groupe invariant d'indice 2.

On voit que ce groupe renferme le groupe Picard-Bourget dans le cas où le radical, dans celui-ci, porte sur un nombre de la forme $4n + 1$; il a des propriétés analogues. Si l'on pose

$$\xi = \xi_1 + i\xi_2, \qquad \eta = \eta_1 + i\eta_2,$$

on a les conditions $\xi_2 > 0$, $\eta_2 < 0$, qu'on déduit des inégalités fondamentales entre les parties imaginaires des périodes g, h, g'. Les substitutions fondamentales du groupe sont

$$(\xi, \eta), \quad (\eta, \xi); \qquad (\xi, \eta), \quad (-\xi, -\eta); \qquad (\xi, \eta), \quad (\xi - 1, \eta - 1);$$

$$(\xi, \eta), \quad \left(-\frac{1}{\xi}, -\frac{1}{\eta}\right); \qquad (\xi, \eta), \quad \left(\xi + \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2}, \eta + \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2}\right);$$

$$(\xi, \eta), \quad \left(\xi \frac{\frac{a}{2} + \frac{c}{2}\sqrt{\Delta}}{\frac{a}{2} - \frac{c}{2}\sqrt{\Delta}}, \eta \frac{\frac{a}{2} - \frac{c}{2}\sqrt{\Delta}}{\frac{a}{2} + \frac{c}{2}\sqrt{\Delta}}\right),$$

dans cette dernière, a et c désignent la plus petite solution positive de l'équation de Pell,

$$a^2 - c^2\Delta = 4.$$

Si les substitutions sur (ξ, η) sont très voisines des substitutions obtenues dans le cas étudié par M. Picard, l'analogie ne se poursuit pas pour les transformations d'Hermite laissant invariante la relation singulière considérée. Ces transformations sont des deux types suivants :

$$\begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ na_1 & a_0 + a_1 & na_3 + a_2 & a_2 \\ c_0 & c_1 & c_2 & c_3 \\ nc_1 - c_0 & c_0 & nc_3 & c_2 - c_3 \end{vmatrix}; \qquad \begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ a_0 - na_1 & -a_0 & -na_3 & a_3 - a_2 \\ c_0 & c_1 & c_2 & c_3 \\ -nc_1 & -c_1 - c_0 & -c_2 - nc_3 & -c_2 \end{vmatrix};$$

où les a_i, c_i sont liés par les relations

$$(ac)_{03} + (ac)_{12} = 0,$$
$$(ac)_{02} + (ac)_{12} + n(ac)_{13} = \pm 1,$$

$(ac)_{ik}$ désignant la quantité $a_i c_k - a_k c_i$.

Les transformations considérées forment un groupe dont les opérations fondamentales sont les suivantes et leurs inverses :

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ n & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ n & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} \frac{a}{2} + \frac{c}{2} & -c & 0 & 0 \\ -nc & \frac{a-c}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{a+c}{2} & c \\ 0 & 0 & nc & \frac{a-c}{2} \end{vmatrix};$$

où $a^2 - \Delta c^2 = 4$, en désignant toujours par a et c la plus petite solution positive de cette équation. On voit aisément que a et c sont de même parité et que les coefficients de cette dernière transformation sont bien entiers. La recherche des transformations d'ordre ± 1 laissant invariante une relation singulière donnée se trouve ainsi complètement effectuée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Des fonctions données par leur valeur sur une partie de la frontière, et celle de leur dérivée normale sur le reste de la frontière. Développements correspondants.* Note de M. **Marcel Brillouin**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans un grand nombre de questions de Physique mathématique on est conduit à déterminer une fonction par sa valeur sur une partie d'une frontière simple (plan, cylindre, sphère, etc.) et par la valeur de sa dérivée normale sur le reste de cette frontière. C'est sous cette forme que se présentent naturellement, lorsqu'on les pose correctement, les problèmes de

diffraction dont je m'occupe cette année dans mes leçons du Collège de France.

La solution générale de tous les problèmes de ce genre s'obtient facilement par la méthode dont je vais donner un exemple, quel que soit le nombre des fonctions à déterminer, quel que soit le nombre de conditions distinctes que l'on peut, d'après la nature de la question (membranes, plaques, etc.), s'imposer à la frontière.

2. Dans un espace u, v dont la frontière est définie par $v = 0$, $a \leq u \leq b$, je suppose que les propriétés générales du milieu et la forme de la frontière fassent connaître une suite *fermée* de fonctions $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n, \ldots$, permettant de représenter sans ambiguïté une fonction arbitraire $f(u)$, donnée sur la frontière, par une série convergente des fonctions $\varphi_n(u, 0)$.

La suite des dérivées

$$\frac{\partial}{\partial v}\varphi_n(u, v) = \psi_n(u, v)$$

jouit de la même propriété.

On sait alors résoudre par des développements convergents en série de fonctions φ_n les deux principaux problèmes simples :

a. Trouver une fonction $\varphi(u, v)$ satisfaisant aux propriétés générales du milieu, et qui devienne, sur la frontière, égale à $f(u)$.

b. Trouver une fonction $\varphi(u, v) \ldots$, dont la dérivée $\frac{d\psi}{du}$ devienne sur la frontière égale à $g(u)$.

3. Le problème complexe est de *déterminer une fonction $\varphi \ldots$, qui devienne égale à $f(u)$ sur une partie D_1 de la frontière, et dont la dérivée normale devienne égale à $g(u)$ sur le reste D_2 de la frontière.*

La solution la plus simple s'obtient de la manière suivante :

Au moyen des fonctions φ_n, ψ_n, on forme de nouvelles fonctions

$$\Phi_n(u, v) \qquad \text{et} \qquad \Psi_n(u, v) = \frac{\partial}{\partial v}\Phi_n(u, v)$$

orthogonalisées pour la répartition considérée des domaines D_1, D_2, sur la frontière (formés d'un nombre *fini* de *tenants* distincts)

$$\int_{D_1} \Phi_i \Phi_j \, du + \int_{D_2} \Psi_i \Psi_j \, du = 0 \qquad (v = 0, i \neq j).$$

Il est facile de construire ces fonctions de proche en proche en posant

$$\Phi_k(u, v) = c'_k \Phi_1(u, v) + \ldots + c_k^{k-1} \Phi_{k-1}(u, v) + \varphi_k(u, v),$$
$$\Psi_k(u, v) = c'_k \Psi_1(u, v) + \ldots + c_k^{k-1} \Psi_{k-1}(u, v) + \psi_k(u, v),$$

et déterminant les coefficients constants c par les formules

$$c_k^i = -\frac{\int_{D_1} \varphi_k \Phi_i \, du + \int_{D_2} \psi_k \Psi_i \, du}{\int_{D_1} \Phi_i^2 \, du + \int_{D_2} \Psi_i^2 \, du} \qquad (v = 0,\ i < k).$$

Les fonctions Φ_n ainsi définies dépendent de la répartition des domaines D_1, D_2 sur la frontière, mais non des fonctions $f(u)$, $g(u)$.

Cela posé, les conditions particulières au contour sont satisfaites en prenant

$$\varphi = \Sigma A_k \Phi_k(u, v),$$
$$\psi = \Sigma A_k \Psi_k(u, v),$$

avec

$$A_k = \frac{\int_{D_1} f(u) \Phi_k(u, 0) \, du + \int_{D_2} g(u) \Psi_k(u, 0) \, du}{\int_{D_1} \Phi_k(u, 0)^2 \, du + \int_{D_2} \Psi_k^2(u, 0) \, du}.$$

4. Les conditions générales de convergence du développement sont manifestement les mêmes que pour les deux problèmes simples. Il reste à discuter les valeurs relatives aux points de passage d'un domaine D_1 à l'autre D_2; mais dans les problèmes d'origine physique, les fonctions $f(u)$, $g(u)$ seront naturellement associées de manière à éviter toute difficulté.

Il n'y a aucune difficulté à appliquer la même méthode à des problèmes beaucoup plus complexes, soit par la nature des propriétés du milieu, soit par la forme ou le nombre des diverses conditions données à la frontière. On peut aussi former la fonction de Green pour le problème complexe.

Le cas où la frontière s'étend à l'infini, et où les séries sont remplacées par des intégrales, mérite un examen particulier.

5. On peut même se poser les problèmes de *développements conjoints* de *deux fonctions* $\varphi(u)$ et $\psi(u)$, indépendantes l'une de l'autre sur les diverses parties D_1, D_2, d'un segment [connaissant les deux suites $\varphi_n(u)$, $\psi_n(u)$, qui conviennent à chacun des problèmes simples ($D_2 = 0$, ou $D_1 = 0$)] tels que, *avec les mêmes coefficients* a_k,

$$\varphi = \Sigma a_k \varphi_k, \qquad \psi = \Sigma a_k \psi_k,$$

satisfassent à

$$\varphi = f(u) \qquad (\text{domaine } D_1),$$
$$\psi = g(u) \qquad (\text{domaine } D_2).$$

Les formules de résolution sont les mêmes qu'au n° 3, lorsque le problème est possible; mais la discussion des conditions nécessaires et suffisantes, relatives aux suites φ_n, ψ_n, aux fonctions données $f(u)$, $g(u)$, et à la distribution des domaines D_1, D_2, pour la validité de la solution paraît devoir être très difficile.

Les questions d'origine physique abordables par la méthode indiquée dans cette Note sont très nombreuses; j'en traiterai quelques-unes ailleurs avec les développements nécessaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réaction de l'hydrogène naissant à l'état sec.* Note de M. **A.-C. Vournasos**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'action de la chaleur sur le formiate de sodium sec donne de l'hydrogène à l'état naissant; il m'a semblé intéressant de rechercher si cet hydrogène ne pourrait pas se combiner directement à un certain nombre de corps simples qui ne réagissent pas sur l'hydrogène libre, mais donnent cependant des composés hydrogénés, obtenus généralement par réactions indirectes.

Phosphore. — D'après les expériences de MM. Tichtchenkt et Zavorico [1], il semble bien démontré que, contrairement à l'opinion de Roetgers [2], le phosphore pur et l'hydrogène sec ne peuvent pas se combiner directement. J'ai cherché à obtenir cette combinaison avec l'hydrogène naissant du formiate.

Du formiate de sodium fondu à 200° et soumis, après balayage par l'hydrogène de l'air des appareils, à l'action de vapeurs de phosphore obtenues en portant ce corps à des températures comprises entre 400° et 450°, donne immédiatement de l'hydrogène phosphoré, mêlé de vapeurs de phosphore. Après purification dans une série de flacons laveurs, on obtient de l'hydrogène phosphoré, spontanément inflammable.

On peut répéter l'expérience plus simplement, en préparant un mélange intime de 1 partie de phosphore rouge avec 5 parties de formiate de sodium anhydre. Ce mélange est introduit dans une cornue tubulée dont on chasse l'air par un courant d'hydrogène sec et l'on chauffe rapidement à 400°; le gaz lavé, pour le débarrasser des vapeurs de phosphore, est formé d'hydrogène phosphoré gazeux, renfermant de petites quantités de phosphure spontanément inflammable.

---

(1) *J. Soc. chim. phys. russe*, t. XXVII, p. 185.

(2) *Zeitschr. anorg. Chem.*, t. VII, p. 265.

Le formiate anhydre se décompose à 400° en oxalate et hydrogène,

$$2\,HCOONa = Na^2C^2O^4 + H^2;$$

avec le phosphore on a la réaction

$$6\,HCOONa + 2P = 3\,Na^2C^2O^4 + 2\,PH^3.$$

Si, vers la fin de l'opération, on pousse la température au delà de 400°, la décomposition de l'oxalate fournit de l'oxyde de carbone qui reste mêlé au phosphure gazeux. On doit, d'autre part, éviter l'emploi d'un excès de formiate qui donnerait de l'hydrogène libre en excès.

Des résultats semblables ont été obtenus en chauffant des mélanges équimoléculaires de formiate et de phosphite neutre de sodium ou de phosphate disodique anhydre.

Pour les expériences de cours, au lieu de formiate seul, il est préférable d'employer un mélange équimoléculaire de formiate et d'hydrate de sodium avec du phosphore rouge ; il se produit dans ce cas du carbonate de sodium au lieu d'oxalate.

Soufre. — La vapeur de soufre décompose de la même façon le formiate de sodium et se combine à l'hydrogène naissant en formant de l'hydrogène sulfuré. Il suffit de chauffer à 400° un mélange intime de 1 partie de fleur de soufre avec 4 parties de formiate. La réduction du sulfite de sodium par le formiate donne également de l'hydrogène sulfuré. Enfin, avec les sulfures métalliques de mercure, plomb, étain, le métal est mis en liberté avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

En remplaçant le formiate de sodium par un mélange équimoléculaire avec l'hydrate, on obtient facilement du gaz sulfhydrique parfaitement sec et pur, à un état très convenable pour l'analyse chimique.

Arsenic. — Ce métalloïde libre ou combiné réagit facilement sur le formiate de sodium en donnant de l'hydrogène arsénié. La réaction est particulièrement facile avec l'arsénite de sodium, que l'on obtient très pur en traitant l'anhydride arsénieux par une solution alcoolique de soude.

On obtient de petites quantités d'hydrogène antimonié en traitant de la même façon un mélange d'antimonite et de formiate de sodium.

Silicium. — Le silicium ne réagit pas sur l'hydrogène naissant du formiate. Les chlorure et sulfure de ce métalloïde donnent, au contraire, un peu d'hydrogène silicié.

L'anhydride borique, chauffé dans un tube de fer en présence de sodium métallique et de formiate anhydre de sodium, donnerait de petites quantités d'un gaz noircissant le nitrate d'argent, qui paraît être le borure d'hydrogène.

Les autres métalloïdes et leurs composés donnent des réactions analogues faciles à prévoir : les azotures donnent de l'ammoniac; les cyanures, de l'acide cyanhydrique; les carbures alcalins, de l'acétylène; etc.

CHIMIE MINÉRALE. — *Séparation et purification des dithionates produits dans la décomposition du sulfite d'argent ou de ses sels doubles.* Note de M. **H. Baubigny**, présentée par M. Troost.

Il m'a paru intéressant d'isoler à l'état de sels alcalins l'acide dithionique formé lors de cette décomposition. En partant du sulfite d'argent, c'est le dithionate de potassium qui se prépare le plus aisément; c'est au contraire le sel de sodium, si l'on opère avec le sulfite double de ce métal. Tout dépend des conditions de purification auxquelles on est astreint.

Avec le sulfite d'argent, on met ce sel en suspension dans l'eau chaude (6^g à 8^g pour 200^{cm^3} à 250^{cm^3}) et, dans le ballon qui contient le mélange, on porte le liquide à une douce ébullition. En 1 heure au plus, la réaction est terminée. De la solution froide, additionnée d'un peu de phtaléine, on sépare d'abord l'oxyde d'argent, resté en solution, par un léger excès de potasse, puis les petites quantités d'acides sulfurique et sulfureux par de l'eau de baryte, dont on élimine l'excédent par le gaz carbonique, en ayant soin de chauffer à la fin pour détruire le bicarbonate alcalino-terreux soluble à la faveur de l'acide carbonique. Le liquide filtré ne contient plus que du dithionate de potassium avec un peu de carbonate.

Grâce à la déliquescence de ce carbonate et à la différence de solubilité du dithionate à chaud et à froid (10 fois plus soluble à 100° qu'à 16°), la purification est alors facile, surtout si l'on procède aux lavages avec de l'eau alcoolisée où la solubilité du dithionate est encore moindre.

On évapore donc la solution au bain-marie dans une capsule jusqu'à commencement de cristallisation à chaud; on laisse refroidir et l'on décante la liqueur sirupeuse qui renferme le carbonate alcalin. Le sel essoré, soumis à une recristallisation dans l'eau bouillante et à un lavage final à l'eau alcoolisé, donne du dithionate neutre aux réactifs colorés. En concentrant les eaux mères et y ajoutant leur volume d'alcool, on en sépare encore du sel qui, par lavage à l'eau alcoolisée et essorage, fournit une nouvelle quantité de dithionate pur et en présentant, comme la première cristallisation, tous les caractères.

A chaud, ce sel se scinde en sulfate et gaz sulfureux; chauffé progressivement jusqu'à 450° dans un creuset taré, après dessiccation à l'air, il donne très sensiblement comme résidu, lorsque l'odeur du gaz sulfureux a disparu, le poids de sulfate indiqué par la théorie : $0^g,3435$ de $K^2S^2O^6$ préparé par ce procédé ont donné $0^g,2491$ de K^2SO^4.

Si pour précipiter l'argent, on substituait la baryte à la potasse, séparant ainsi du même coup l'argent et les acides sulfurique et sulfureux, la liqueur, filtrée à chaud après l'action du gaz carbonique, ne renfermant plus que le

dithionate de baryum, donnerait ce sel pur par évaporation et cristallisation.

Avec le sulfite double d'argent et de sodium, on met à profit pour isoler le dithionate de soude, la grande solubilité du nitrate de ce métal alcalin dans l'eau alcoolisée où le dithionate est fort peu soluble. A 18°, en effet, 100^{cm^3} d'un mélange à volumes égaux d'eau et d'alcool à 96 pour 100 dissolvent encore 20^g de nitrate.

Le sulfite double ayant été préparé en mélangeant les solutions de nitrate d'argent (9^g) et de sulfite alcalin $Na^2SO^3 + 7H^2O$ (20^g) (1), on porte le tout à 100°, solution et sel déposé. La transformation achevée (en une demi-heure au plus), on décante le liquide de l'argent déposé. Par une addition ménagée de nitrate de baryum on précipite le reste du sulfite et la petite quantité d'acide sulfurique en présence, puis on alcanise légèrement par le carbonate de soude de façon à séparer le petit excès de baryum qu'on a pu employer. Si l'on filtre et lave, la liqueur ne contient plus que du nitrate et du dithionate de sodium avec une trace de carbonate qu'on détruit en neutralisant *exactement* avec l'aide de l'héliantine par l'acide nitrique.

On évapore alors les eaux au bain-marie dans une capsule jusqu'à apparition de cristaux. On laisse refroidir, on décante et on lave la masse cristalline avec de l'eau alcoolisée préparée à volumes égaux. Des eaux mères on sépare encore du dithionate en les mélangeant avec cette eau de lavage alcoolisée. Tous les cristaux réunis et essorés, sont alors purifiés en les resoumettant au même traitement après redissolution dans un petit volume d'eau. En répétant deux fois cette opération, on a finalement le dithionate de soude cristallisé $Na^2S^2O^6 + 2H^2O$ parfaitement exempt de nitrate (réaction à la diphénylamine).

Comme le sel de potassium, ce composé dégage, par l'action de la chaleur, du gaz sulfureux en laissant dans le creuset taré du sulfate de sodium. $0^g,560$ de sel anhydre après dessiccation dans le vide ont laissé $0^g,3842$ de sulfate, le poids théorique calculé étant $0^g,3860$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les dérivés bromés du dimercuriammonium.* Note (2) de M. **H. Gaudechon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'existence des composés $AzHg^2Br.AzH^4Br$ et $AzHg^2Br.3AzH^4Br$ ne paraît pas douteuse pour les auteurs qui se sont occupés des produits de la réaction $2HgBr^2 + 4AzH^3$ en présence de l'eau; le désaccord ne porte que

(1) Pour former le complexe $Ag^2SO^3 + Na^2SO^3 + Aq$ isolé par Svensson, cette proportion de sulfite alcalin (soit 50 pour 100 en excès) suffit largement, car il y a lieu, pour la facilité des purifications ultérieures, d'éviter un trop grand excès de ce sel.

(2) Présentée dans la séance du 14 février 1910.

sur la façon d'écrire les formules. Cependant, Pesci n'a pu isoler le composé $AzHg^2Br.AzH^4Br$; il signale un composé $4AzHg^2Br.5AzH^4Br$ et reconnaît l'existence du $AzHg^2Br.3AzH^4Br$.

Je me suis proposé d'étudier d'une manière plus approfondie la réaction

$$(1) \qquad 2HgBr^2 + 4AzH^3 = AzHg^2Br.xAzH^4Br + (3-x)AzH^4Br.$$

Dans ce but, j'ai mis en présence d'eau, à des concentrations variables, le système $2HgBr^2 + 4AzH^3$, opérant en vase clos, à l'obscurité, et à une température comprise entre $+8°$C. et $+10°$C., et, après un intervalle de temps de 21 à 45 jours, nécessité pour atteindre l'équilibre, pendant lequel les flacons étaient fréquemment agités, j'ai déterminé : 1° la composition du précipité formé; 2° la concentration des solutions en éléments Hg, Br et Az.

Dans tous les cas, on constate l'existence de AzH^3 libre en solution indice d'une réaction limitée.

Chacun des systèmes étudiés comporte trois composants indépendants répartis en une phase vapeur, une solution et une ou deux phases solides; suivant le nombre des phases solides présentes à l'équilibre, ces systèmes, considérés comme isothermes, seront bivariants ou monovariants; par suite, les courbes de concentration de la solution seront continues ou présenteront des discontinuités suivant le nombre des phases solides coexistant à l'équilibre : telles sont les prévisions de la règle des phases.

Pratiquement, une difficulté se présente dans la réalisation des concentrations variables : le $HgBr^2$ est peu soluble dans l'eau; par suite, le champ des variations est très limité. Pour l'étendre, j'ai dû recourir à l'emploi, dans l'état initial, d'un des constituants du système qui se forme dans la réaction : le AzH^4Br; ce qui, dans certaines limites, ne doit pas modifier l'état du système à l'équilibre; dans ces conditions, j'ai pu solubiliser une plus grande quantité de $HgBr^2$.

Les systèmes étudiés comportent trois séries : A, B et C.

Dans le cas où la composition du précipité ne répondait pas à celle de l'une des phases cherchées, j'ai admis que c'était un mélange de la phase x qui le précède immédiatement et de celle de y qui le suit dans la série des concentrations étudiées; pour vérifier cette hypothèse, connaissant la teneur en Hg, Br et Az du mélange, j'ai déterminé x et y à l'aide de deux équations relatives à deux de ces éléments, et il restait comme contrôle deux équations conditionnelles qui devaient devenir des identités pour les valeurs de x et y ainsi calculées; l'une est relative au troisième élément, l'autre est la condition $x + y = 1$. Or, dans tous les cas, ces vérifications se faisaient aux limites des erreurs expérimentales près, c'est-à-dire à 0,01 près.

Toutes les phases solides analysées ont été séparées de la solution mère sur des plaques de porcelaine poreuse, puis séchées vers 15° sur BaO.

Voici le Tableau des résultats obtenus :

Composition centésimale calculée des phases solides cherchées.

(*a*)	$(AzHg^2Br)^4HgBr^2$,	Hg = 77,0,	Br = 20,5,	Az = 2,4,
(*b*)	$AzHg^2BrAzH^4Br$,	Hg = 67,56,	Br = 27,01,	Az = 4,74,
(*c*)	$AzHg^2Br.3AzH^4Br$,	Hg = 50,76,	Br = 40,59,	Az = 7,12.

	Concentrations initiales en molécules-grammes par litre.			Solutions à l'équilibre. — Concentrations en atomes-grammes par litre.				Phases solides à l'équilibre. Composition centésimale.				
	$HgBr^2$.	AzH^3.	AzH^4Br.	Hg.	Br.	Az.	Couleur.	Hg.	Br.	Az.	Nombre.	Nature.
A_1...	0,0125	0,0250	0,0000	Traces	0,0154	0,0185	Jaune	76,5	20,8	2,6	1	*a*
A_2...	0,0166	0,0332	»	0,00032	0,0172	0,0202	»	71,0	24,6	3,9	2	$a = 0,36$ $b = 0,64$
A_3 ..	0,025	0,050	»	0,00078	0,0241	0,0251	Blanc	67,8	27,3	4,7	1	*b*
A_4...	0,050	0,100	»	0,0019	0,0525	0,0514	»	67,5	27,1	4,7	1	*b*
B_1...	0,0125	0,025	0,0375	0,00178	0,0497	0,0497	»	68,0	27,2	4,8	1	*b*
B_2...	0,025	0,050	0,075	0,0041	0,103	0,108	»	67,5	27,1	4,68	1	*b*
B_3...	0,0328	0,0656	0,0984	0,0061	0,133	0,133	»	66,2	27,9	4,82	2	$c = 0,06$ $b = 0,93$
B_4...	0,0365	0,073	0,1095	0,0060	0,132	0,133	»	57,0	35,9	5,70	2	$c = 0,64$ $b = 0,36$
B_5...	0,050	0,100	0,150	0,0070	0,170	0,169	»	53,0	38,6	6,7	1	*c*
B_6...	0,100	0,200	0,300	0,0124	0,333	0,338	»	52,6	39,8	6,9	1	*c*
C_1...	0,0180	0,036	0,01875	0,001	0,0315	0,0318	»	67,6	27,0	4,74	1	*b*
C_2...	0,050	0,100	0,006	0,0057	0,1172	0,1178	»	67,6	27,5	4,62	1	*b*
C_3...	0,050	0,100	0,150	0,0071	0,169	0,168	»	53,4	39,3	6,91	1	*c*
C_4...	0,100	0,200	0,160	0,0083	0,184	0,187	»	53,0	38,9	»	1	*c*
C_5...	0,125	0,250	0,306	0,0160	0,393	»	»	52,4	39,6	6,82	1	*c*

En ce qui concerne les phases solides, on constate la formation successive de trois phases distinctes. Celle qui se forme en présence des solutions les plus concentrées désignées par C ne répond jamais exactement à la formule $AzHg^2Br.3AzH^4Br$, les résultats correspondant plutôt à la formule $AzHg^2Br.2,8AzH^4Br$. Il faut donc admettre, ou que l'équilibre n'était pas atteint, ou que dans l'essorage sur porcelaine il y a un entraînement de AzH^4Br; en faisant des préparations de ce corps en présence d'un grand excès de AzH^4Br en solution concentrée, je suis arrivé à la composition $Hg = 51,9$; $Br = 40,1$; $Az = 6,9$.

Pour les solutions, en examinant les courbes de concentrations en éléments, rapportant les quantités de Hg à Br ou à Az, on constate une discontinuité entre A_2 et A_3 qui correspond à la coexistence de deux phases solides, *a* et *b*; dans la série B, une discontinuité entre B_3 et B_4, deux phases solides coexistent également dans cet intervalle.

En présence des phases *b* et *c*, c'est la réaction (1) qui paraît intervenir en présence de *a* et *b*; c'est évidemment une réaction différente.

Inversement, si le composé $AzHg^2Br.AzH^4Br$ est mis en présence de l'eau à 8°-10° en quantité telle qu'une fois l'équilibre atteint ce corps existe

encore dans la phase solide en présence du composé $(AzHg^2Br)^4HgBr^2$, on constate que la solution est voisine de celle du système A_2; elle contient AzH^3 libre.

Le même $AzHg^2Br.AzH^4Br$, mis en présence d'une solution de AzH^4Br à 8°-10° a fourni à l'équilibre une solution de composition voisine de B_6 avec une phase solide répondant à peu près à $AzHg^2Br.3AzH^4Br$; la solution contenait encore de l'AzH^3 libre. Il s'agit donc bien d'une réaction réversible.

A 30° la réaction $2HgBr^2 + 4AzH^3$ fournit une solution plus concentrée en HgBr et Az, preuve d'une décomposition plus avancée, ce qui est en accord avec les mesures thermochimiques et avec le principe du déplacement de l'équilibre.

Il résulte des données précédentes que je crois pouvoir conclure à l'existence des trois composés définis $(AzHg^2Br)^4HgBr^2$, $AzHg^2Br.AzH^4Br$ et $AzHg^2Br.3AzH^4Br$ sous les réserves faites en ce qui concerne ce dernier composé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les mangani-manganates alcalins.* Note de M. V. Auger, présentée par M. A. Haller.

La décomposition du permanganate de potassium par la chaleur fournit, comme l'a montré Rousseau, des manganites acides du type $n\,MnO^2.M^2O$; mais lorsqu'on opère en présence d'un excès d'alcali, le départ d'oxygène est moins complet, et j'ai montré (¹) qu'en présence des bases alcalino-terreuses, on obtient des mangani-manganates de la forme

$$Mn^2O^5.2M''O.M''(OH)^2.$$

J'ai poursuivi cette étude en employant les hydrates alcalins, et bien que mes expériences ne soient pas encore terminées, je me vois forcé de les publier à la suite d'un travail de M. O. Sackur sur le même sujet (²).

Ce chimiste a montré que le bioxyde de manganèse, chauffé en présence de l'air avec des alcalis ou des carbonates alcalins, fournit des sels $Mn^5O^{13}.5K^2O$ et $Mn^2O^5.2Na^2O$. Il n'a pas isolé ces sels, mais en a démontré l'existence par l'analyse.

(¹) Auger, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 500.

(²) O. Sackur, *D. chem. Gesellsch.*, t. XLIII, p. 381 et 448.

De mon côté, en partant du composé suroxygéné, le permanganate, je suis arrivé aux mêmes résultats, tout au moins en ce qui concerne le sel de sodium et, de plus, j'ai réussi à isoler celui-ci.

Action de NaOH *sur* MnO^4K. — En laissant en contact le permanganate avec la soude pulvérisée humectée d'eau, la décomposition a lieu à froid et, bien que lent, le dégagement d'oxygène se continue jusqu'à la formation du manganate. A chaud, et dans le vide, le départ d'oxygène est très rapide et, à 220°-260°, il correspond à la formation d'un mangani-manganate $Mn^2O^5.nNa^2O$. A partir de cette température et au delà de 360°, le produit obtenu reste stable, $0^g,360$ de $KMnO^4$ ont fourni 48^{cm^3} d'oxygène à 18° sous 760^{mm}; calculé pour Mn^2O^5, $48^{cm^3},3$.

Pour obtenir ce sel en plus grande quantité, j'ai fondu au creuset d'argent

$$10^g\ KMnO^4 + 100^g\ NaOH + 20^{cm^3}\ \text{d'eau}.$$

Lorsque l'oxygène a cessé de se dégager, on laisse la masse cristalliser lentement et l'on peut constater, après détachement du culot fondu, que le mangani-manganate s'est déposé presque totalement au fond. La séparation du produit pur est très délicate : au début, renonçant à l'effectuer, j'ai constaté la présence de ce sel en le transformant en mangani-manganate de baryum. Il suffit pour cela de le broyer avec de l'hydrate de baryum, et l'on obtient facilement le sel cherché qu'on peut isoler par suite de son insolubilité dans l'eau.

Plus tard, j'ai constaté que le sel de sodium, bien qu'immédiatement hydrolysé par l'eau qui le transforme en MnO^2 hydraté et MnO^5Na^2, est stable en présence de soude concentrée. En traitant la masse pulvérisée, à froid, avec la soude à 40° B^é, on enlève l'excès d'alcali et le sel reste en grande partie insoluble sous forme d'une poudre micro-cristalline bleu vert, qu'on essore sur plaque poreuse dans un dessiccateur à soude. A l'analyse, j'ai obtenu de bons résultats pour le rapport Mn : O actif; théorie 2 : 3; trouvé 2 : 3,02. Mais le dosage du sodium a donné des chiffres très variables. De plus, la substance contient une forte proportion d'eau de cristallisation, la moyenne de deux analyses sur un produit contenant certainement un excès de soude conduit à $Mn^2O^5.3,5Na^2O.8H^2O$. Il faudra évidemment les recommencer avec un produit mieux essoré.

Le mangani-manganate de sodium se présente au microscope sous forme de petits prismes aplatis d'un beau bleu vert; il est altérable à l'air qui le brunit en le décomposant. L'eau en provoque l'hydrolyse immédiate. Dans la soude à 30 pour 100 environ, il se dissout avec une belle couleur vert bleu; par dilution avec de l'eau, la liqueur louchit, verdit, puis laisse déposer de l'hydrate de bioxyde.

Par fusion d'un oxyde de manganèse avec un nitrate ou un chlorate et de la soude en excès, on n'obtient pas de masse fondue contenant un oxyde supérieur à Mn^2O^5; les oxydants ajoutés sont naturellement sans effet puisque le manganate formé n'est pas stable à la température à laquelle

on opère; ils ne servent qu'à amener plus rapidement l'oxyde à l'état de mangani-manganate.

J'étudie actuellement l'action de la chaleur sur le permanganate en présence de potasse, en vue d'obtenir le sel de potassium analogue à celui de sodium, mais étant données les expériences de M. O. Sackur, il est probable que ce résultat sera difficile à obtenir et que la décomposition du permanganate s'arrêtera à l'oxyde Mn^5O^{13}. Je ferai remarquer, à ce sujet, que ces résultats confirment les analogies observées entre Li et Na. Le mangani-manganate de lithium se forme très facilement et n'est que très lentement hydrolysé par l'eau; celui de sodium peut être obtenu dans les mêmes conditions, et le potassium se sépare nettement du sodium et du lithium en fournissant un sel de composition différente; il est vraisemblable qu'il en sera de même avec le rubidium et le cæsium qui se rattachent étroitement au potassium. En ce qui concerne la découverte de sels mixtes manganeux-manganiques, c'est évidemment par suite d'une étude bibliographique incomplète que M. O. Sackur a cru les avoir obtenus pour la première fois, puisque j'en ai obtenu quatre et étudié complètement un dans la Note citée au début.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Textiles et matières colorantes insolubles.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré (*Comptes rendus*, 17 mai 1909) que le chromate de plomb, précipité, insoluble, teignait également bien la soie, la laine et le coton.

Cette propriété n'est pas particulière au chromate de plomb, elle se retrouve dans toutes les substances, colorées ou non, insolubles dans le liquide constituant le bain de teinture, à la condition qu'elles soient à un grand état de division.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les expériences qui justifient cette proposition.

Le bleu de Prusse, sur lequel j'ai opéré d'abord, a été préparé par précipitation à froid, d'une solution (*a*) de chlorure ferrique (53g,1 dans 500cm³ d'eau) et d'une solution de ferrocyanure de potassium (100g dans 500cm³ d'eau); le chlorure ferrique doit être en léger excès; on obtient un précipité bleu foncé très volumineux, qui a été complètement lavé, sous pression, à l'eau distillée froide.

Des essais de teinture ont été faits, avec ce bleu de Prusse humide, sur des flottes de soie, de laine et de coton, en employant des proportions de bleu, calculé sec, par rap-

port aux textiles, de 1 pour 4000, 2 pour 100, 5 pour 100, à la température ordinaire, et à 90° C. après 30 minutes, les flottes ont été complètement lavées à l'eau froide, pour entraîner le bleu non fixé. Il n'a pas fallu moins de 12 lavages successifs pour les essais à 2 et à 5 pour 100.

Les trois textiles se teignent à peu près également, sans que leur nature chimique révèle une différence : la proportion 4 pour 1000 donne des teintes bleu clair, les proportions 2 et 5 pour 100 des teintes plus foncées sensiblement égales.

Le sulfure de cuivre précipité, obtenu par mélange de solutions aqueuses de sulfure d'ammonium et de sulfate de cuivre, teint la soie, la laine et le coton en gris foncé verdâtre : l'intensité des nuances varie avec les proportions de sulfure employé : les teintes sont sensiblement égales pour les trois textiles, à 18 et à 90°.

L'arsénite de cuivre, précipité, fournit des résultats analogues; il en est de même du *vermillon d'antimoine* préparé par l'action d'une solution d'hyposulfite de sodium en excès sur le chlorure d'antimoine dissous.

Les propriétés colorantes de ces substances fraîchement préparées diminuent avec le temps : une élévation de température accélère cette diminution.

Le noir de fumée léger (10^g ont un volume de 114^{cm^3}) possède des propriétés tinctoriales très nettes : $2^g,5$ de noir ont été ajoutés à 500^{cm^3} d'eau distillée; le mélange, secoué mécaniquement pendant 30 minutes, donne un liquide noir homogène qui teint facilement la soie, la laine et le coton; on obtient, après lavage complet des écheveaux, des gris assez foncés.

Les matières colorantes artificielles, solubles dans l'alcool et insolubles dans l'eau, permettent de préparer des précipités colorés à un très grand état de division : il suffit de verser la solution alcoolique de la matière colorante ($0^g,05$ de couleur, 20^{cm^3} d'alcool dans 500^{cm^3} d'eau) pour obtenir la matière colorante en suspension, à l'état insoluble dans le liquide, en granules très petits; sous cette forme, étant fraîchement précipitées, ces matières colorantes se prêtent très bien à la teinture. Il faut noter que le temps et la chaleur amènent une sorte de coagulation de la matière colorante, qui se sépare de l'eau, se dépose et devient moins tinctoriale.

La soie, la laine et le coton se teignent à peu près également avec ces substances; lavées à l'eau jusqu'à ce qu'elles ne dégorgent plus, les flottes teintes, une fois séches, conservent des nuances foncées. Les teintes obtenues sont beaucoup plus intenses que celles qu'on peut obtenir avec les précipités minéraux; la division plus grande des matières colorantes explique ces différences.

Pour étudier l'influence de *l'état de division* des matières colorantes insolubles employées, sur l'intensité des nuances obtenues, j'ai fait intervenir sur les textiles des matières colorantes au moment même de leur formation. Le chlorure de diazobenzène (1^{mol}) réagissant, dans les conditions convenables, sur le β-naphtolate de sodium (4^{mol} pour éviter la formation de goudrons), donne, par copulation, une matière colorante,

rouge orangé, insoluble dans l'eau : l'oxynaphtoazobenzène

$$C^6H^5N^2.C^{10}H^6.OH\ (\beta).$$

Si l'on teint de la laine, de la soie ou du coton, avec cette matière colorante, au moment même de sa formation (température 0° à 2°), 30 minutes (A), ou, toutes choses égales, 4 jours après (B), après lavage à l'eau, les échantillons (A) sont beaucoup plus foncés que les échantillons (B).

Les couleurs insolubles teignent donc les textiles d'autant mieux qu'ils sont plus près du moment de leur formation, c'est-à-dire qu'ils sont plus divisés et qu'ils existent dans le liquide formant le bain en granules plus petits.

L'*examen microscopique* des échantillons teints, obtenus avec ces matières colorantes insolubles, révèle des particularités intéressantes : les matières minérales préparées au préalable, par précipitation, le noir de fumée, sont visibles sur les textiles teints, en granules superficiels, très distincts et adhérents; par contre, les matières colorantes organiques solubles dans l'alcool, obtenues par précipitation dans l'eau, et utilisées immédiatement pour la teinture, ne montrent pas, avec les plus forts grossissements, des granules isolés; le textile semble uniformément teint. Les couleurs organiques employées étaient : bleues (bleu de Lyon, induline, bleu gras), rouges (écarlates, rhodamine, autols, soudan, cérès).

Si l'on compare deux textiles teints avec la même matière colorante au moment de sa formation (A), ou quelques jours après (B), le textile A est plus foncé que B, et ne laisse pas voir au microscope, comme B, de granules visibles.

En résumé, les couleurs insolubles, très divisées, se fixent indifféremment sur tous les textiles, quelle que soit la nature chimique de ces textiles; deux circonstances influent : la division des couleurs insolubles et l'état de la surface du textile.

Cette fixation des couleurs insolubles n'est du reste qu'un cas particulier de la fixation de toutes les matières solides, très divisées, insolubles dans le liquide servant de bain.

Elle doit être attribuée, évidemment, à l'attraction moléculaire (au sens physique). Par suite de l'état de division des textiles, les granules de matières colorantes, insolubles, quand ils sont suffisamment petits, peuvent, au sein du liquide formant le bain, présenter au textile des surfaces de contact suffisantes, à des distances comprises dans le champ de l'attraction moléculaire.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'inégalité de propriétés des deux formes, droite et gauche, du silicotungstate de potassium et, en général, des cristaux doués du pouvoir rotatoire.* Note de M. H. **Copaux**, présentée par M. A. Haller.

On admet généralement que les deux formes, droite et gauche, d'un corps doué du pouvoir rotatoire cristallin sont rigoureusement identiques, au signe de la rotation près. Dès lors, il n'y a pas de raison pour que l'une des formes se produise mieux que l'autre et, dans une cristallisation, il doit se déposer autant de cristaux droits que de cristaux gauches.

Il existe pourtant des cas où cette manière de voir se trouve en défaut et le silicotungstate de potassium en est l'exemple le plus frappant.

M. Wyrouboff a montré que les cristaux de ce sel,

$$Si^2O^4.24TuO^3.4K^2O + 36H^2O,$$

autrefois décrits par Marignac, sont doués du pouvoir rotatoire et qu'ils se déposent de leurs dissolutions sous une seule variété, la variété dextrogyre (¹).

De mon côté, j'ai trouvé, en reprenant l'étude de cette anomalie, une variété lévogyre du silicotungstate de potassium.

Elle s'obtient accidentellement, et toujours accompagnée de cristaux droits, dans la cristallisation spontanée du sel non purifié, venant de la saturation de l'acide silicotungstique brut par le carbonate de potasse, quelquefois aussi, mais par une exception très rare, dans la cristallisation spontanée des solutions pures.

Une fois en possession de cristaux lévogyres, il m'a été très facile de les reproduire, en amorçant avec leurs fragments une solution saturée du sel ordinaire, évaporée lentement à température constante. La liqueur obéit fidèlement à l'amorçage et rien ne s'oppose à ce qu'on isole ainsi à l'état lévogyre la totalité du silicotungstate de potassium contenu dans une dissolution. D'ailleurs, la forme gauche, dissoute dans l'eau et recristallisée, repasse complètement à l'état dextrogyre.

Il est donc clair que les deux formes ont des stabilités inégales et très probable qu'elles diffèrent par d'autres propriétés.

Est-ce par la forme géométrique, ou par quelque autre propriété physique? C'est ce qu'il s'agit d'examiner.

Géométriquement, la différence est douteuse.

(¹) Wyrouboff, *Bull. Soc. Minéral.*, t. XIX, 1896, p. 219.

Les deux espèces cristallisent en prismes incolores, très réfringents, dont l'aspect est celui du quartz, mais qui jamais ne portent de facettes hémiédriques; ces prismes sont hexagonaux et terminés par des pyramides hexagonales. L'angle $b_1\ b_1$ des faces pyramidales étant le meilleur, et suffisant d'ailleurs pour fixer la forme, je l'ai mesuré soigneusement, mais les observations varient d'un cristal à l'autre. Il est, pour les cristaux gauches, de 35°2′ à 35°23′, pour les cristaux droits de 34°40′ à 35°50′, les meilleurs chiffres étant voisins de 35°25′.

Il n'y a pas de conclusion certaine à tirer de ces mesures.

Par contre, les deux variétés se distinguent de la façon la plus nette par la solubilité.

Quand on dépose des germes droits et des germes gauches dans un même cristallisoir contenant une solution saturée froide, les germes droits s'accroissent progressivement, avec la durée de l'expérience et la concentration du liquide par évaporation, tandis que les germes gauches restent à peu près stationnaires.

La même expérience peut être répétée sous une forme un peu différente, en évaporant lentement le liquide avec des couples de germes déposés l'un sur l'autre, l'un gauche et l'autre droit. Quelles que soient les dimensions relatives des deux germes, toujours le droit se développe beaucoup plus que le gauche sans le faire disparaître néanmoins, ni même l'empêcher de s'accroître un peu.

A température plus élevée, vers 35° par exemple, la différence est encore appréciable, mais elle diminue.

L'espèce droite, cristallisant plus vite, doit réciproquement se dissoudre plus lentement et c'est bien ce que l'expérience vérifie.

Deux tubes pouvant contenir environ 15^{cm^3} de liquide sont plongés côte à côte dans un même bain à température constante. L'un reçoit des cristaux gauches, l'autre des cristaux droits, pulvérisés en quantités égales, plus une même quantité d'eau. Le contenu des deux tubes est agité mécaniquement et l'on prélève de temps en temps un échantillon pour en déterminer la richesse.

Voici les résultats exprimés en grammes de $Si^2O^4.24TuO^3.4K^2O$ pour 100^g d'eau totale.

		À la température de 0°.							
Durée d'agitation en heures.....		3,5	21	31	45	55	69	79	93
Concentration de la solution.	Cristaux gauches.	1,07	2,23	4,82	11,58	12,02	12,06	12,05	12,08
	Cristaux droits...	0,69	1,54	3,03	5,04	5,74	7,11	7,90	10,22

		À la température de 24°,2.						
		Première expérience.				Deuxième expérience.		
Durée d'agitation en heures.....		15	22	39	60	18	27	43
Concentration de la solution.	Cristaux gauches.	35,16	35,23	35,44	35,47	35,22	35,22	35,29
	Cristaux droits...	32,58	34,09	34,97	35,18	30,26	34,34	35,17

Dans les deux expériences faites à 24°,2 les cristaux ont été mis dès le début en contact avec une solution préalablement saturée à froid, pour abréger les opérations.

L'examen de ces nombres montre que les deux espèces tendent vers une même solubilité, mais que la variété dextrogyre est plus lentement soluble et l'est d'autant plus que la température est plus basse.

En somme, les deux formes du silicotungstate potassique se comportent comme deux variétés dimorphiques, avec cette particularité curieuse qu'elles sont voisines au point de ne pouvoir être distinguées géométriquement. Cette assimilation au dimorphisme des deux inverses optiques d'une même substance active a été proposée jadis par M. Lecoq de Boisbaudran pour les tartrates [1], plus tard par M. Wallerant dans le cas du quartz [2], et c'est elle qui explique le mieux les phénomènes que je viens de décrire.

Les mêmes phénomènes se retrouvent d'ailleurs, un peu moins accusés, dans les isomorphes du silicotungstate, borotungstate, métatungstate de potassium, plus atténués encore dans le silicomolybdate potassique et je montrerai même, dans une publication plus étendue, qu'on trouve des indices d'inégalité entre les deux formes du chlorate de soude, le type des corps à pouvoir rotatoire cristallin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des phosphates alcalins bibasiques sur la tyrosinase.* Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note antérieure [3] j'ai indiqué incidemment, sans donner de détails expérimentaux, que la réaction du suc de *Russula delica*, la plus favorable à l'oxydation de la tyrosine, correspond au voisinage de la neutralité à la phtaléine.

Une publication récente de M. Agulhon [4] m'oblige à revenir sur cette question en apportant la preuve expérimentale des faits que j'ai avancés. M. Agulhon conteste, en effet, mes résultats, et assure que les phosphates bibasiques empêchent à toute dose l'action de la tyrosinase sur la tyrosine; il insiste, d'autre part, sur l'influence nettement favorisante du citrate tribasique au point de vue de la coagulation des mélanines.

---

(1) Lecoq de Boisbaudran, *Bull. Soc. chim.*, t. XVIII, 1872, p. 167.

(2) Wallerant, *Cristallographie*, 1909, p. 203.

(3) *Sur quelques propriétés nouvelles des oxydases de* Russula delica (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 500).

(4) H. Agulhon, *Recherches sur la présence et le rôle du bore chez les végétaux* (*Thèse*, février 1910, p. 144).

J'avais également indiqué le rôle favorisant de ce dernier sel pour un grand nombre d'actions oxydantes [1]. Comme le citrate tribasique est neutre à la phtaléine, ainsi que le phosphate bibasique, il y avait lieu de faire quelques réserves au sujet de l'influence empêchante du phosphate bibasique.

En ce qui concerne l'action du phosphate bibasique, je prétends qu'elle est nettement favorisante à faible dose, et je conteste, à mon tour, les affirmations de M. Agulhon. Les expériences suivantes fourniront la preuve de ce que j'avance.

Dans une série de tubes renfermant chacun 2^{cm^3} d'une solution saturée de tyrosine, on ajoute successivement des doses croissantes de phosphate disodique et l'on complète avec de l'eau pour avoir partout $2^{cm^3},5$. On additionne alors le liquide de chacun des tubes de 4 gouttes d'une macération aqueuse fraîchement préparée de *Russula delica* (4 gouttes de cette macération n'abandonnent après calcination que $0^{mg},1$ de cendres).

	Tubes.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Diphosphate ajouté.....	0^{mg}	$1^{mg},4$	$2^{mg},8$	$5^{mg},6$	$8^{mg},4$	$11^{mg},2$	14^{mg}
Apparition de la coloration après.	6^{m}	7^{m}	9^{m}	12^{m}	15^{m}	20^{m}	24^{m}

Il semble, à ne considérer que ces chiffres, que le phosphate disodique soit gênant pour la réaction ; mais si l'on veut se faire une idée exacte de la marche du phénomène, il faut observer ce qui va se passer ultérieurement.

Si donc nous comparons dans la suite la coloration des tubes à celle du tube témoin, nous constatons qu'elle égale bientôt celle-ci dans les tubes 2, 3 et 4 et que les tubes 5, 6 et 7 se colorent différemment en prenant une teinte violacée de plus en plus accentuée par suite de la formation des mélanines. Enfin, à partir de 45^{m}, la coloration du tube témoin reste sensiblement stationnaire, alors que les teintes de tous les autres tubes s'accentuent rapidement. Si, après 18 heures, on ajoute quelques gouttes de $CaCl^2$, comme le recommande M. Agulhon, on précipite de la mélanine dans tous les tubes, *sauf dans le témoin*. Une goutte de HCl concentré permet de redissoudre le phosphate de chaux qui précipite en même temps que les mélanines.

Enfin, des expériences où j'ai dosé les mélanines formées ne laissent aucun doute sur la propriété activante du diphosphate.

	Sans phosphate.	Avec phosphate (à $0^{g},56$ pour 1000).
Mélanines formées après 24 heures....	$27^{mg},5$	41^{mg}
	$27^{mg},2$	$46^{mg},2$

[1] J. Wolff, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 946.

Les mélanines obtenues sans phosphate ont une teinte grisâtre; celles qui sont obtenues en présence de phosphate sont d'un beau noir.

Ces faits montrent bien que l'action de l'enzyme a été grandement favorisée par la présence de phosphate disodique. Il est vrai que, tout à fait au début, le phosphate retarde la réaction, mais, comme on l'a vu, il la favorise beaucoup par la suite en donnant aussi des produits d'oxydation différents, probablement plus avancés.

J'ai eu l'occasion de constater, au cours des expériences mentionnées ci-dessus, que la présence de glycérine n'est pas indifférente dans la production de ces phénomènes d'oxydation, bien qu'elle n'apporte aucun changement dans la réaction du liquide. Elle hâte le départ de la réaction et, lorsqu'elle est présente, on n'observe plus, dans les limites de mes expériences, le retard au début que l'on constate avec le phosphate disodique seul.

On trouve là un nouvel exemple de l'influence de la superposition de divers facteurs dans les phénomènes oxydasiques.

HYGIÈNE ET SALUBRITÉ. — *Stérilisation des liquides par les radiations de très courte longueur d'onde. Résultats obtenus.* Note de M. **Billon-Daguerre.**

Le 8 novembre dernier [1] j'ai décrit un nouveau mode de stérilisation intégrale des liquides par les radiations de longueur d'onde inférieure à 2600 unités Angström, nombre correspondant à l'ultraviolet. La région invisible du spectre, entre 1030 et 1100 unités, est le siège de radiations possédant une action chimique environ 25 fois plus grande que celle des rayons ultraviolets produits par les lampes à vapeur de mercure ou autrement (chiffres vérifiés et publiés par Lyman de Harvard University).

Voici les résultats abiotiques, ou bactéricides, obtenus avec un appareil stérilisateur construit pour utiliser ces radiations.

Il se compose d'un tube en quartz, de 25^{cm} de longueur et de 20^{mm} de diamètre, renfermant de l'hydrogène raréfié traversé par le courant induit d'une petite bobine de Ruhmkorff donnant 15^{mm} d'étincelle avec 2 ampères et 6 volts, fournis par trois accumulateurs ou pris en dérivation sur un secteur, soit 12 watts.

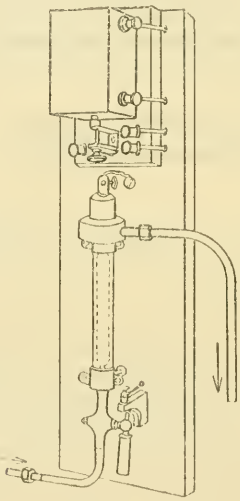
---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 810.

Le liquide circule dans un tube en cristal, de 3^{cm} de diamètre, au centre duquel est plongé concentriquement le tube à gaz en quartz émettant les radiations.

I. Eau de Seine additionnée par 10^{l} de 20 gouttes de culture de colibacille datant de 48 heures. Le nombre de colonies par centimètre cube dépasse 29 000.

II. Cette même eau, soumise aux radiations du tube à gaz raréfié, avec un débit de 5^{l} à la minute, ne cultive pas dans un bouillon de gélatine peptonée, et sur les plaques on ne retrouve aucune colonie.



Stérilisation domestique.

La stérilisation est intégrale et sans élévation de température.

Ces résultats s'expliquent par ce fait qu'une lampe à vapeur de mercure consommant 3 ampères et 110 volts, ou 330 watts, n'utilise au maximum que 20 pour 100 (66 watts) de l'énergie pour produire des radiations ultraviolettes et que 264 watts servent à produire inutilement des rayons lumineux visibles non abiotiques.

Au contraire les 12 watts consommés par la petite bobine d'induction,

qui illumine les tubes à gaz raréfiés, donnent un courant induit de haute tension transformé ensuite, presque complètement, en *radiations invisibles* de très courte longueur d'onde, dont l'action chimique est au moins 20 fois plus grande que celle des lampes et arcs à vapeur de mercure.

ZOOLOGIE. — *Enkystement de protection d'une Némerte d'eau douce* (Prostoma lumbricoïdeum *Dugès*). Note de M. **Paul Hallez**, transmise par M. Yves Delage.

J'ai trouvé, vivant en abondance dans le vivier de l'Institut zoologique de Lille, le *Prostoma lumbricoideum Dugès*, dont je ferai connaître l'organisation dans un travail spécial.

Les Némertes d'eau douce sont aujourd'hui connues dans toutes les parties du monde, à l'exception de l'Australie. Si l'on a décrit d'assez nombreuses espèces, sous des noms différents et rangées dans les genres *Prostoma*, *Tetrastemma*, *Polia*, *Nemertes*, *Emea* et *Stichostemma*, leur comparaison permet de croire que plusieurs des noms, donnés aux formes décrites, ne sont en réalité que des synonymies et que toutes, sauf le *Nemertes polyhopla* Schmarda, doivent rentrer dans le genre *Prostoma* Dugès. La grande dispersion de ces espèces peut s'expliquer par une propagation de proche en proche et aussi, d'après l'observation de Mrázek, par leur transport, d'une rivière à une autre, par l'intermédiaire des Oiseaux. Mrázek a en effet constaté, en 1902, que *Prostoma* (*Stichostemma*) *graecense* Bohmig peut s'enrouler et s'entourer d'une couche muqueuse gluante, formant un kyste facilement transportable.

J'ai pu, sur *Pr. lumbricoideum*, observer les circonstances de cet enkystement. Lorsque cette Némerte se trouve dans de mauvaises conditions, soit qu'on ait négligé de renouveler l'eau, soit qu'on l'ait soumise à un jeûne prolongé ou à une basse température, elle s'enkyste en attendant des temps meilleurs.

La Némerte se plie d'abord en deux et reste ainsi, immobile, pendant plusieurs jours. Si à ce moment on la fait sortir de sa torpeur, en lui donnant, par exemple, de l'eau nouvelle, elle se remet à ramper. Mais dès que les conditions deviennent les mêmes qu'auparavant, elle se replie de nouveau et se fixe sur le fond du vase, à l'aide du mucus qu'elle sécrète, puis elle s'enroule d'une façon d'abord assez lâche. L'enkystement commence alors. L'animal se met à tourner en sécrétant des fils de mucus qui se durcissent au contact de l'eau. A mesure que le travail se poursuit, les

replis enroulés de l'animal se resserrent de plus en plus, la sécrétion et la rotation lente continuant toujours. Ainsi se forment les couches concentriques du feutrage dense qui constitue le kyste. Celui-ci peut atteindre une épaisseur de 120^{μ}, tandis que l'animal est réduit à une sphère d'un diamètre de $1^{mm},25$.

Dès que le kyste est suffisamment épais, la Némerte reste absolument immobile. En mettant ces Némertes enkystées dans l'eau courante avec un peu de vase, elles abandonnent parfois leur kyste au bout d'un jour ou deux. Des Némertes enkystées le 9 janvier sont sorties spontanément de leur kyste le 8 février.

Cet enkystement de protection n'est pas propre aux Némertes d'eau douce. Au Portel, sur les rochers de l'Heurt qui découvrent à toutes les marées, les *Tubularia indivisa* Linné portent souvent, le long de leur tige, un tube feuilleté et résistant, abritant un *Tetrastemma dorsale* Abildg. Variété *marmoratum*. Ces tubes, longs d'environ 20^{mm}, adhèrent fortement sur toute leur longueur au *Tubularia*. Ils présentent la même structure que les kystes de *Prostoma* et sont fermés aux deux bouts. La Némerte qui l'a construit et dont la réclusion n'est que momentanée, y est assez à l'aise pour pouvoir se retourner à l'intérieur, grâce à la grande contractilité de son corps.

MÉDECINE. — *Sur l'immunisation active de l'homme contre la fièvre typhoïde. Nouveau vaccin antityphique.* Note [1] de M. **H. Vincent**, présentée par M. A. Chauveau.

J'ai précédemment fait connaître les résultats d'expériences faites en vue de déterminer le procédé de vaccination antityphique le plus efficace chez l'animal [2]. Une épreuve sévère de contrôle a permis de vérifier avec précision le degré d'immunisation obtenue. Il y a lieu de se demander quelles en sont les conclusions applicables à l'homme.

Trois antigènes ont été plus particulièrement actifs : (I) les bacilles vivants; (II) les bacilles tués par chauffage à 53°-55°; (III) l'autolysat en

---

[1] Présentée dans la séance du 14 février 1910.

[2] H. Vincent, *Les bases expérimentales de la vaccination antityphique* (*Comptes rendus*, 7 février 1910).

eau physiologique, à 37°, de bacilles vivants, prélevés sur gélose en culture de 24 heures. Cet autolysat est centrifugé, puis stérilisé par l'éther; il doit rester un peu louche.

Pour chacun de ces antigènes, trois inoculations à 8 ou 10 jours d'intervalle sont nécessaires.

Le vaccin I s'est montré le plus actif. Les vaccins II et III ont un pouvoir protecteur à peu près équivalent.

Le vaccin I (*bacilles vivants*), utilisé par Castellani, de Colombo, était atténué par chauffage à 50°. Ce procédé d'immunisation ne me semble pas sans danger. Il provoque une douleur locale très vive et une réaction générale pénible. Il ne supprime pas la « phase négative » de prédisposition à la fièvre typhoïde. Enfin, il peut transformer le sujet vacciné en un porteur de bacilles.

Constitué par des *bacilles tués par la chaleur*, le vaccin II (Pfeiffer et Kolle, Wright, Leischmann), qui, chez l'animal, s'est montré très protecteur, est celui qui, jusqu'ici, a été presque exclusivement employé chez l'homme. Inoculé à un très grand nombre d'individus dans les colonies allemandes et anglaises, ce vaccin a diminué de moitié environ le nombre des cas, et réduit beaucoup la mortalité des vaccinés qui ont pris la fièvre typhoïde.

Mais ce mode d'immunisation n'échappe pas aux inconvénients très sérieux déjà signalés pour le vaccin I. La douleur locale, très vive et prolongée avec œdème et pseudo-lymphangite, la fièvre qu'il détermine, ont empêché l'extension de son emploi [1].

C'est pourquoi il me paraît préférable de recourir à l'antigène III qui n'a pas été jusqu'ici utilisé, et qui, d'après mes expériences, assure un haut pouvoir protecteur : c'est *l'autolysat centrifugé de bacilles vivants*. Renfermant les extraits des bacilles vivants, c'est-à-dire pourvus de leurs qualités biologiques normales; non atténué par la chaleur, ce vaccin se rapproche donc par ses propriétés du vaccin I (bacilles vivants) qui est le plus actif, mais qui ne peut être recommandé chez l'homme. Dans mes expériences, l'autolysat a déterminé une forte production d'anticorps bactériolytiques et assuré une immunité durable. Ne renfermant que très peu de corps microbiens, isotonique avec le sérum humain, ne contenant aucun antiseptique, il ne provoque pas les douleurs pénibles qui constituent l'un des inconvénients les plus grands des vaccins bacillaires [2].

---

[1] D'après Netter, le vaccin sensibilisé (Besredka) donnerait lieu aux mêmes symptômes douloureux et ne supprime pas la phase négative.

[2] Neisser et Shiga, qui ont injecté des autolysats de bacilles *morts, chauffés à* 60°, signalent, en effet, l'indolence de cette inoculation chez l'homme, mais il va sans dire

En outre, l'action moins brutale des produits d'autolyse ne sature pas, comme le font les corps microbiens, les anticorps préexistants et, par conséquent, ne sollicite pas, au même degré, la production de la phase négative, si dangereuse en temps d'épidémie; cette phase étant, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus accusée que la quantité d'antigène inoculée a été plus grande.

Je conclus donc que la méthode immunisante la plus recommandable, pour l'homme, contre la fièvre typhoïde, consiste dans l'emploi des autolysats de bacilles vivants. Il y a lieu de se servir d'un vaccin polyvalent formé du mélange de bacilles d'origines diverses. Trois injections sont nécessaires, à doses progressivement croissantes.

GÉOLOGIE. — *Sur les mouvements prébercyniens du Massif breton.* Note de M. F. Kerforne, présentée par M. A. Lacroix.

La tectonique de la Bretagne est considérée comme le résultat des plissements énergiques qui, à l'époque carboniférienne, ont édifié la chaîne hercynienne. Des mouvements antérieurs à cette époque ont été cependant signalés à plusieurs reprises: M. Bigot a étudié et appuyé par de nombreux exemples une discordance très importante existant en Normandie entre l'Algonkien et le Cambrien; une discordance analogue a été signalée au cap Fréhel; j'ai moi-même montré qu'elle existe aussi au sud de Rennes et MM. Jourdy et Azéma l'ont constaté récemment à l'extrémité du Finistère entre l'Algonkien et l'Ordovicien. Mais ces mouvements prébercyniens sont difficiles à étudier en Bretagne, surtout dans la fosse septentrionale, parce que les mouvements hercyniens les masquent. Il existe une région, véritable *Bouclier breton*, où ces derniers mouvements se sont faits peu ou pas sentir, c'est celle dont le centre est occupé par la forêt de Paimpont et Coëtquidon, entre Ploërmel, Montfort et Rennes. On y voit les couches cambriennes et siluriennes presque horizontales ou décrivant des ondulations à très grand rayon de courbure, reposer en discordance absolue sur

---

que le chauffage fait perdre à l'antigène une très notable partie de son pouvoir excitateur de la formation des anticorps. La filtration, sur bougie, des macérations de bacilles vivants (Bassenge et Rimpau) l'atténue encore. Cette méthode est donc inférieure à celle que je recommande.

les assises algonkiennes redressées presque jusqu'à la verticale et abrasées. Vers l'Ouest elle paraît s'étendre jusqu'à Pontivy, mais elle y est moins intéressante parce que l'érosion a fait disparaître les formations siluro-cambriennes; en allant vers l'Est les plissements hercyniens se font bientôt sentir, mais graduellement; c'est la région du sud de Rennes, si remarquable par la régularité de ses plis. Il est intéressant de constater qu'au sud et au nord de ce bouclier les deux fosses bretonnes sont plus éloignées que partout ailleurs.

Après les dépôts de l'Algonkien, représentant une période dont nous ne connaissons pas l'origine en Bretagne, mais qui a dû avoir une durée extrêmement longue et a présenté des facies variés : schistes prédominants, poudingues, grès, arkoses, grauwackes, phtanites, ampélites, calcaires, tufs, etc., il y a donc eu dans tout le Massif breton des plissements très énergiques, aussi énergiques sans doute que les plissements hercyniens eux-mêmes; puis il y a eu une période d'abrasion et c'est sur le Massif déjà transformé une première fois en pénéplaine que sont venus se déposer les premiers sédiments cambriens, en respectant toutefois, comme l'a montré M. Bigot, un relief central que la mer ordovicienne est venue ensuite recouvrir transgressivement.

Avant ces mouvements de la fin de l'Algonkien, il y avait déjà eu du reste des mouvements précurseurs, amenant la mise au jour, par érosion subséquente, de roches granitiques et de leurs auréoles métamorphiques, ainsi que le montrent les poudingues à éléments variés, intercalés à la partie supérieure de l'étage.

Depuis ces importants mouvements, antérieurs au Cambrien, jusqu'aux mouvements hercyniens proprement dits, la Bretagne n'a pas subi de plissements généraux; vers son extrémité Sud-Est seulement des discordances ont pu être signalées par M. Bureau. Partout ailleurs l'étude détaillée des terrains a montré que les contacts anormaux, pris autrefois pour des discordances, sont dus à des failles et que du Cambrien au Dévonien supérieur existe une concordance si absolue que quelquefois on éprouve des difficultés à fixer avec précision la limite des étages. On constate seulement, pendant cette longue durée, des successions de facies variés, témoins de variations en quelque sorte périodiques des courants ou de la profondeur du géosynclinal. Les nombreuses formations détritiques qui s'intercalent paraissent indiquer une plus grande proximité d'un continent qu'au moment de la mer algonkienne.

SISMOLOGIE. — *Sur le barographe considéré comme sismoscope enregistreur.* Note de M. **de Montessus de Ballore**, présentée par M. Barrois.

On sait que fréquemment des tremblements de terre ont été enregistrés sur les papiers quadrillés des barographes et l'exemple le plus remarquable serait, en raison de la distance et s'il était dûment démontré, celui du désastre de Messine du 28 décembre 1908, soi-disant enregistré en Indo-Chine, cas auquel l'appareil aurait fonctionné comme télésismoscope. A un double point de vue la question mérite examen puisqu'il serait intéressant de savoir si, dans une région sismiquement instable, un barographe pourrait suppléer à un sismoscope enregistreur et si, d'autre part, certains tremblements de terre sont ou non accompagnés de brusques et notables variations de pression atmosphérique, dernier problème qui dans l'opinion de beaucoup reste encore ouvert en dépit de nombreuses statistiques négatives quant à la démonstration de relations directes entre les deux ordres de phénomènes, sismiques et météorologiques. L'étude des barogrammes obtenus pendant 4 années, de 1906 à 1909, à l'École normale d'Agriculture de Santiago du Chili, permet de se faire une opinion.

Les barogrammes présentent de temps en temps de brusques oscillations, toujours uniques et faciles à distinguer des oscillations ordinaires de la plume de l'appareil. Leur amplitude généralement faible, dixièmes de millimètre ou quelques millimètres, n'atteint pas moins parfois 75^{mm} et, pendant les deux journées qui ont suivi la catastrophe sismique de Valparaiso du 16 août 1906, le barographe en question n'a pour ainsi dire pas cessé de se mouvoir, comme le sol lui-même agité par d'innombrables secousses consécutives.

Rompu au tremblement de terre, le barographe avait été immédiatement réparé et il faut noter qu'aux environs ne se présente aucune cause possible de mouvements artificiels du sol. Malheureusement les feuilles correspondantes à ces deux journées ont été perdues. Quoi qu'il en soit, et sauf cette lacune, on a relevé durant ces quatre années 231 tracés anormaux du barographe et 57 pour 100 correspondent à des macroséismes de Santiago ou des environs. D'une façon générale la correspondance avec des tremblements de terre est d'autant plus fréquente qu'il s'agit de secousses plus intenses et par suite de tracés anormaux de plus grande amplitude. Cette règle ne souffre pas moins de notables exceptions et l'on peut citer de grandes amplitudes, jusqu'à 20^{mm}, en dehors de tout séisme d'origine locale ou simplement rapprochée.

Le barographe fonctionne soit parce que la pression barométrique varie brusquement, soit parce que la colonne mercurielle est mécaniquement mise en mouvement par le phénomène sismique. De la proportion plus haut indiquée des coïncidences résulte que les deux cas se présentent avec une égale fréquence, si l'on admet que des

tracés sans tremblements de terre sont dus aux variations de pression. Que si l'on rejette cette hypothèse, il resterait à en chercher la cause ailleurs que dans des mouvements sismiques non sensibles à l'homme, ces tracés ne coïncidant pas non plus avec des mouvements microsismiques enregistrés à l'Observatoire sismologique. On a pu lire aussi sur les barogrammes que les tracés anormaux correspondent à tous les cas possibles de variations de pression pendant les quelques heures antérieures ou postérieures et qu'il y ait eu ou non tremblement de terre.

En résumé le barographe ne peut être considéré que comme un très infidèle sismoscope enregistreur et, à Santiago du Chili, la statistique comparée des phénomènes sismiques et barométriques ne décèle aucune relation. Si l'on emploie le mot *sismoscope* et non *sismographe*, c'est que l'oscillation du barographe est toujours unique en raison, sans doute, de la faible vitesse du papier de l'appareil.

On s'est enfin demandé s'il n'y avait pas quelque circonstance propre au tremblement de terre qui fût plus ou moins favorable au fonctionnement du barographe. Il était naturel de penser à la plus grande valeur relative de la composante verticale ou de la période des longues ondes. La confrontation avec les sismogrammes obtenus à l'Observatoire sismologique du Cerro Santa Lucia, aux pendules Wiechert horizontal et vertical, n'a donné, dans ces deux sens, que des résultats purement négatifs et aussi quant à la distance de l'origine du tremblement de terre, locale, voisine, ou plus éloignée.

On notera que des conclusions tout à fait analogues ont été relevées dans mon Ouvrage : *La science sismologique*, quant aux enregistrements sur les magnétographes.

HYDROLOGIE. — *De la recherche des substances fluorescentes dans le contrôle de la stérilisation des eaux.* Note de M. **F. Dienert**, présentée par M. E. Roux.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 25 mai 1908) nous avons montré qu'il existait dans les eaux superficielles des substances fluorescentes d'origine organique. Depuis cette époque, nous avons retrouvé en assez grande quantité ces substances dans toutes les eaux superficielles ainsi que dans les eaux de la nappe phréatique peu profonde. Dans les alluvions des fleuves et des rivières les eaux souterraines renferment une quantité de matières fluorescentes bien plus élevée que dans les terrains sablonneux d'origine marine, comme les sables de Cuise ou de Fontainebleau. Ces

substances disparaissent en grande partie dans le sol, car elles sont destructibles par oxydation. Aussi n'existent-elles qu'en quantité infinitésimale dans les eaux minérales bien captées et en proportion d'autant plus faible que l'eau est plus chaude, c'est-à-dire d'origine plus profonde.

La recherche de ces substances s'effectue très simplement et très rapidement (voir *Bulletin Société chimique*, t. V, 1909, p. 326) en dirigeant un faisceau lumineux rouge bleu puissant dans la cuve contenant l'eau, et en regardant l'image fluorescente de ce faisceau perpendiculairement à la direction de ce dernier. Nous avons pensé que ce moyen d'investigation pouvait être précieux quand on se propose de rechercher si une eau a réellement subi l'influence de l'ozone ou des rayons ultraviolets, même plusieurs heures après sa sortie des appareils de stérilisation. Nous avons en effet constaté que les eaux réellement traitées par l'ozone et les rayons ultraviolets renfermaient une quantité de substances fluorescentes nettement plus faible qu'avant la stérilisation.

Ainsi :

		Quantité de fluorescéine par litre donnant la même fluorescence (en milligr.).
Procédé Marmier Abraham.	Eau de Chartres avant stérilisation.....	236×10^{-4}
	Eau de Chartres après stérilisation.....	$70,8 \times 10^{-4}$
Procédé de Frise.	Eau de Marne avant stérilisation.....	259×10^{-4}
	Eau de Marne après stérilisation.....	37×10^{-4}
Eau envoyée par M. le Dr Courmont.	Eau de Lyon avant action des rayons ultraviolets.....	147×10^{-4}
	Eau de Lyon après l'action pendant 60 secondes des rayons ultraviolets.....	40×10^{-4}

Si l'on se rappelle que l'analyse chimique ne permet aucune différenciation facile entre ces eaux, avant et après traitement, et que l'analyse bactériologique demande un temps assez long, on peut se rendre compte de l'utilité que peuvent avoir les recherches des substances fluorescentes dans ces eaux (méthode donnant des résultats au bout de 5 minutes) quand il s'agit de surveiller la marche des installations de stérilisation.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 FÉVRIER 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. J.-D. van der Waals pour occuper une des places d'Associé étranger créées par le Décret du 1er décembre 1909.

Il est donné lecture de ce Décret.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème général sur certaines équations intégrales de troisième espèce.* Note de M. **Émile Picard**.

1. M. Hilbert appelle, comme on sait, équations intégrales de troisième espèce les équations fonctionnelles de Fredholm, susceptibles de la forme

$$h(s)f(s)+\lambda\int_a^b K(x,s)f(x)\,dx=\varphi(s), \tag{1}$$

f étant la fonction inconnue, pour lesquelles la fonction $h(s)$ change de signe en a et b. L'éminent géomètre a étudié avec ses méthodes le cas où $h(s)$ prend seulement les valeurs $+1$ et -1, K étant symétrique en x et s (équation intégrale polaire). Dans la dernière séance [1], M. Marty a examiné le cas de l'équation

$$f(s)+\lambda\int_a^b A(x)K(x,s)f(x)\,dx=\varphi(s), \tag{2}$$

où $A(x)$, en général continue, peut avoir un nombre limité de sauts

---

[1] La Note de M. Marty est insérée dans le présent numéro des *Comptes rendus*.

brusques finis. Cette équation comprend les équations polaires et peut d'ailleurs être résolue par la méthode de Fredholm. M. Marty a étendu très heureusement à l'équation (2) certaines recherches de M. Schmidt, et a montré notamment qu'à l'équation (2) correspond au moins une valeur *singulière* de λ, sous une condition très générale relative à la fonction K.

2. Je voudrais énoncer ici un théorème général relatif à certaines équations intégrales de troisième espèce, d'une autre nature que la précédente. Quand la fonction $h(s)$ s'annule dans l'intervalle (a, b), une difficulté peut se présenter quant à la nature de la solution de $f(x)$, et des conventions doivent être faites sur le sens même à attacher à l'équation fonctionnelle.

Nous allons supposer que $h(s)$ ait un certain nombre de racines simples entre a et b; on pourra se borner ici au cas d'une seule racine, le cas d'un nombre quelconque de racines se traitant de la même façon. Posons

$$F(s) = h(s) f(s)$$

et envisageons l'équation

$$(3) \qquad F(s) + \lambda \int_L \frac{K(x, s)}{h(x)} F(x)\, dx = \varphi(s),$$

en représentant par L le champ d'intégration formé des segments $(a, c - \eta)$ et $(c + \varepsilon, b)$, en désignant par ε et η des quantités positives.

Cette équation (3) peut être résolue par la méthode de Fredholm, et tout naturellement on doit se demander ce qu'il advient de la solution trouvée quand ε et η tendent vers zéro. Or, l'étude de cette solution conduit au théorème suivant :

Sous des conditions très générales relatives aux données, la solution de l'équation (3) *tend vers une valeur limite quand* ε *et* η *tendent vers zéro; cette valeur dépend de la limite du rapport* $\frac{\varepsilon}{\eta}$.

Au point de vue où je viens de me placer, la résolution de l'équation intégrale de troisième espèce se présente dans des circonstances tout autres que celle de l'équation de première espèce. Il n'est pas possible de parler de sa solution sans faire certaines conventions. On pourra appeler solution *principale* celle qui correspond à $\varepsilon = \eta$.

3. Donnons comme exemple l'équation extrêmement simple,

$$(s - c) f(s) + \lambda \int_a^b f(x)\, dx = \varphi(s) \qquad (a < c < b).$$

En posant

$$\varphi_1(x) = \frac{\varphi(x) - \varphi(c)}{x - c},$$

on a, comme solution principale de l'équation précédente,

$$f(s) = \frac{1}{s-c}\left[\varphi(s) + \lambda \frac{\int_a^b \varphi_1(x)\,dx + \varphi(c)\log\frac{b-c}{c-a}}{1 + \lambda \log\frac{b-c}{c-a}}\right].$$

4. Il y a des cas plus faciles que celui examiné au n° 2. Ainsi, si la fonction $h(s)$ s'annule, pour $s = c$, comme

$$|s - c|^\alpha,$$

α étant plus petit que *un*, on rentre immédiatement dans les conditions habituelles.

Je développerai ailleurs les remarques énoncées dans cette Note.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la manière dont le potentiel des vitesses, dans le problème des ondes par émersion, dépend de l'état initial.* Note de M. **J. Boussinesq.**

1. Le résultat le plus intéressant des solutions originales que Poisson et Cauchy ont simultanément données, vers 1815, pour les problèmes des ondes infiniment petites *par émersion* ou *par impulsion superficielle* produites au sein d'une masse liquide profonde, a consisté dans les séries convergentes qu'ils ont obtenues pour y exprimer, en fonction des coordonnées x, y, z et du temps t, le potentiel φ des vitesses et la dénivellation h, dans l'hypothèse d'une *surface d'émersion* ou *d'impulsion* infiniment petite et d'un bassin indéfini latéralement comme en profondeur.

Or leurs démonstrations de ces séries sont fort complexes; et comme l'emploi de celles-ci reste à peu près indispensable, même dans la solution plus récente que m'a donnée, vers 1880, une tout autre méthode [1], il était bien à désirer qu'une voie beaucoup plus courte, pour arriver aux séries en question, fût découverte. C'est précisément ce que vient de faire,

---

[1] Voir, par exemple, mon *Cours d'Analyse infinitésimale pour la Mécanique et la Physique*, t. II, fasc. II, p. 496* à 515*.

dans sa Thèse, un jeune docteur ès sciences mathématiques, M. Vergne [1], ingénieur des Arts et Manufactures.

Je me propose ici de réduire à sa plus simple expression cette démonstration de M. Vergne, en l'étendant pour cela, dans son esprit, au cas d'un bassin limité quelconque. Je pourrai me borner aux ondes *par émersion*, au calcul desquelles celui des ondes par impulsion se ramène, dans tous les cas, en remplaçant simplement la fonction φ par sa dérivée relative au temps t.

II. Commençons par rappeler les équations fondamentales des ondes dont il s'agit, produites au sein de la masse d'eau que limitent, supérieurement, à l'état de repos, le plan horizontal des xy, et, inférieurement ou latéralement, des parois fixes, rencontrées en un point (que nous supposerons d'abord unique) par toute verticale descendante émanée de la surface libre $z = 0$.

L'axe des z étant dirigé vers le bas, le petit potentiel φ des vitesses, qu'il faut déterminer, sur chacune de ces verticales, pour les valeurs de z comprises entre zéro (à très peu près) et l'ordonnée positive du point correspondant du fond, est une fonction astreinte à vérifier l'équation de Laplace $\Delta_2 \varphi = 0$ (ou à être *harmonique*), et à avoir, de plus, contre toute paroi fixe, sa dérivée $\frac{d\varphi}{dn}$ dans le sens normal, nulle, mais, sur chaque élément de la surface libre $z = 0$, sa dérivée analogue $\frac{d\varphi}{dz}$ égale, en tous les instants t positifs, à sa dérivée seconde par rapport au temps, $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$, si l'on admet, comme nous le ferons pour simplifier, un choix d'unités de longueur ou de temps qui fasse égale à 1 la gravité g. A cette même surface libre $z = 0$, la dérivée $\frac{d\varphi}{dt}$ exprime d'ailleurs la petite *dénivellation* h, abaissement actuel, sur la verticale (x, y), des molécules superficielles au-dessous de leur situation d'équilibre.

Enfin, les conditions d'état initial sont, d'une part, que, pour $t = 0$, les vitesses s'annulant partout, leur potentiel φ s'annule, tandis que, d'autre part, la *surface d'émersion* $h_0 = f(x, y)$ étant connue, la dérivée $\frac{d\varphi}{dt}$ reçoit alors, pour $z = 0$, des valeurs données $f(x, y)$, nulles (ou se réduisant, du

---

[1] *Contribution à la théorie des ondes liquides* (Paris, Gauthier-Villars, 1909), p. 47 à 50.

moins, à une constante) hors de cette surface d'émersion, c'est-à-dire hors de la région du plan des xy occupée primitivement par le solide émergé.

III. Les équations ci-dessus, différentiées un nombre quelconque m de fois en t, entraînent évidemment, pour toute dérivée de φ par rapport au temps, la relation $\Delta_2 \frac{d^m \varphi}{dt^m} = 0$, avec les conditions $\frac{d}{dn}\frac{d^m \varphi}{dt^m} = 0$ (aux parois) et

$$(1) \qquad \frac{d^{m+2}\varphi}{dt^{m+2}} = \frac{d}{dz}\frac{d^m \varphi}{dt^m} \qquad (\text{pour } z = 0).$$

Autrement dit, en premier lieu, la fonction $\frac{d^m \varphi}{dt^m}$ est harmonique, comme le potentiel φ, et vérifie aux parois la même relation monome que ce potentiel. Or il suit de là, comme on sait, que les valeurs de $\frac{d^m \varphi}{dt^m}$ à tous les niveaux z seront entièrement déterminées par ses valeurs à la surface libre $z = 0$ et que, par suite, leur dérivée en z, au niveau $z = 0$ ou à tout autre, en résultera. Donc, en particulier, pour $m = 1$, les valeurs initiales de la dérivée première $\frac{d\varphi}{dt}$ *dans tout le fluide*, ainsi que leur dérivée en z pour $z = 0$, dépendront des seules valeurs données $f(x, y)$ de cette dérivée première, relatives aussi à la surface $z = 0$.

En deuxième lieu, la condition (1) montre, si l'on y fait $m = 1$, que cette connaissance des valeurs initiales de $\frac{d\varphi}{dt}$ au niveau $z = 0$ y entraîne finalement celle des valeurs initiales de $\frac{d^3\varphi}{dt^3}$; d'où l'on déduira de même, en faisant successivement $m = 3, = 5, = 7, \ldots$, les valeurs analogues, pour $z = 0$ et ensuite pour les divers niveaux z, de toutes les dérivées de φ en t, d'ordre impair.

Quant aux dérivées d'ordre pair, elles sont initialement nulles. En effet, les valeurs initiales de φ étant données égales à zéro à la surface libre et, par suite, dans tout le fluide, la dérivée de φ en z est alors nulle pour $z = 0$; et l'équation (1), prise avec $m = 0$, montre que la dérivée seconde de φ en t se trouve, dans le même cas, nulle aussi à la surface et, par suite, à tous les niveaux z. D'où l'on déduit, en faisant successivement $m = 2, = 4, = 6, \ldots$, que toutes les dérivées paires de φ en t ont, pareillement, zéro comme valeur initiale dans tout le fluide.

En résumé, le potentiel φ des vitesses, considéré au point fixe quelconque (x, y, z) du *champ* qu'occupe le fluide, a *initialement* toutes ses dérivées par rapport au temps t ou nulles, ou calculables à partir des seules valeurs qui

soient données, $f(x, y)$, de la dérivée première $\frac{d\varphi}{dt}$ à la surface $z = 0$, pourvu qu'on sache, pour tout le *champ*, à ordonnées z positives, qu'occupe le fluide, et qui est constamment le même (à des écarts près négligeables, infiniment petits, au voisinage du niveau $z = 0$), intégrer l'équation $\Delta_2 = 0$ des fonctions harmoniques, sous la condition d'obtenir, pour la fonction cherchée, des valeurs arbitraires à la surface $z = 0$, avec une dérivée première partout nulle aux parois suivant le sens qui leur est normal.

Si donc nous appelons φ_0', φ_0''', $\varphi_0^{\text{v}}, \ldots$ les valeurs initiales, *en* (x, y, z), de $\frac{d\varphi}{dt}$, $\frac{d^3\varphi}{dt^3}$, $\frac{d^5\varphi}{dt^5}, \ldots$, ainsi calculées à partir de $f(x, y)$, *ces valeurs règleront la manière dont y naîtra la fonction* φ; car, pour t assez petit, elles donneront, en vertu de la formule de Mac-Laurin,

$$\varphi = \varphi_0' t + \varphi_0''' \frac{t^3}{2.3} + \varphi_0^{\text{v}} \frac{t^5}{2.3.4.5} + \ldots, \tag{2}$$

avec une approximation indéfinie pourvu que φ_0', φ_0''', $\varphi_0^{\text{v}}, \ldots$ soient finies et ne s'annulent pas identiquement. Et si cette série converge quel que soit t, elle constituera évidemment l'intégrale générale du problème [1].

---

[1] Il peut être bon d'observer que, le plus souvent, les équations aux dérivées partielles déterminant dans l'état initial, comme il vient d'être dit, les dérivées $\frac{d^m\varphi}{dt^m}$, d'ordre impair, en fonction de leurs valeurs à la surface $z = 0$, s'intégreront par des sortes d'intégrales définies du genre des potentiels d'attraction, qui exprimeront ainsi chacune de ces dérivées et aussi, par suite (en les différentiant), sa propre dérivée première en z pour $z = 0$, à partir de laquelle se fera de même le calcul analogue de la dérivée impaire suivante. Or il résulte de là que les valeurs initiales des dérivées impaires successives de φ contiendront, dans leur expression, des nombres de plus en plus grands de signes f, ou qu'elles constitueront des intégrales définies ayant leur degré de multiplicité de plus en plus élevé. Donc le calcul effectif des termes de la série (2) obtenue pour représenter le potentiel φ des vitesses exigera, généralement, de plus en plus d'intégrations à mesure que s'élèvera leur rang: ce sera une série dans le genre de celles qu'Émile Mathieu, le premier ou l'un des premiers, a données pour exprimer l'équilibre d'élasticité du parallélépipède rectangle, et avec lesquelles se familiarisent actuellement les géomètres, à la suite de Fredholm et de M. Volterra, mais sans avoir pu encore, ce semble, aboutir au calcul *effectif* d'aucun résultat (numérique) nouveau, ni même, d'une manière générale, à l'élucidation purement théorique du cas fréquent où se présente, à la frontière du corps étudié, une discontinuité soit géométrique, telle qu'un sommet ou une arête, soit seulement physique, dans le genre par exemple d'une annulation de vitesse avec changement de direction. Et il conti-

IV. Les expressions de $\varphi_0^{\prime}$, $\varphi_0^{\prime\prime\prime}$, φ_0^{v}, ... se simplifient notablement quand, le bassin étant assez profond et la fonction φ s'évanouissant, avec le mouvement, pour les grandes valeurs de z, les seules parois qu'il reste à considérer sont des bords verticaux, *à normales dn parallèles en tous les points* (x, y) *de chacune de leurs ordonnées* z; de sorte qu'on puisse, le long d'une même ordonnée, différentier par rapport à z la relation $\frac{d\varphi}{dn} = 0$, ou y écrire $\frac{d}{dn}\frac{d\varphi}{dz} = 0$. Alors, si l'on appelle τ la fonction, évidemment harmonique, $\frac{d^2\varphi}{dt^2} - \frac{d\varphi}{dz}$, non seulement sa valeur pour z infini, c'est-à-dire au fond, se trouve nulle, mais, de plus, sa dérivée, suivant les normales horizontales dn aux parois, le sera; et comme, en vertu de (1), ses valeurs à la surface $z = 0$ sont aussi nulles, cette fonction harmonique s'annulera identiquement. La condition (1) deviendra donc, pour régir φ, la nouvelle *équation indéfinie*

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d\varphi}{dz}. \tag{3}$$

C'est ce qu'avait remarqué déjà, au moins pour les bassins indéfinis latéralement, Poisson, qui avait d'ailleurs reconnu que cette équation (3) exprime la constance de la pression $z - \frac{d\varphi}{dt}$ exercée durant tout le mouvement autour de chaque molécule fluide. Appelons Z l'ordonnée verticale mesurant hydrostatiquement cette pression invariable, ordonnée nulle pour les molécules superficielles; et nous pourrons (ce qu'on démontre aisément) regarder l'abaissement actuel $z - Z$ de la molécule au-dessous

---

nuera probablement à en être ainsi, jusqu'à ce que cette belle théorie ait reçu quelque complément capital susceptible d'en simplifier et d'en étendre l'application.

Toutefois, deux articles récents de M. Léon Lichtenstein, insérés dans les *Comptes rendus* des séances des 18 octobre et 29 novembre 1909 de l'Académie des Sciences (t. CXLIX, p. 624 et 977), permettent d'espérer que la difficulté relative aux discontinuités pourra être levée; car le second article, du 29 novembre 1909, la lève déjà pour un contour anguleux, sous les deux conditions restrictives que les angles y diffèrent de zéro et que la fonction dite *noyau* n'y devienne infinie que de certaines manières. Mais une extrême complication, presque décourageante pratiquement, subsiste encore dans les calculs.

Pour revenir à la question de nos ondes, on verra ci-après (n° 4) comment l'hypothèse d'une profondeur infinie réduit aux dérivées successives en z d'une fonction unique h_0 les résultats des intégrations de plus en plus multipliées destinées à donner $\varphi_0^{\prime}$, $\varphi_0^{\prime\prime\prime}$, φ_0^{v}, ...: heureuse circonstance, sans laquelle le calcul des ondes d'émersion serait probablement, jusqu'à ce jour, resté inextricable.

du niveau hydrostatique de sa pression effective comme étant sa *dénivellation* présente h, par rapport à son niveau tant primitif que final de repos. Nous aurons donc, d'une manière générale,

$$h = \frac{d\varphi}{dt}. \tag{4}$$

Or, si nous différentions des nombres pairs de fois l'équation (3) par rapport au temps, il vient successivement, vu, finalement, cette équation (3) elle-même,

$$\frac{d^4\varphi}{dt^4} = \frac{d}{dz}\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d^2\varphi}{dz^2}, \qquad \ldots, \qquad \frac{d^{2n}\varphi}{dt^{2n}} = \frac{d^n\varphi}{dz^n},$$

puis, en différentiant une fois de plus par rapport au temps t,

$$\frac{d^{2n+1}\varphi}{dt^{2n+1}} = \frac{d^n}{dz^n}\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d^n h}{dz^n}.$$

Faisons $t = 0$ dans cette équation et désignons par h_0 la valeur initiale, au point quelconque (x, y, z), de h, déduite comme on a vu de ses valeurs données $f(x, y)$ relatives à la surface libre. La formule (2) deviendra

$$\varphi = th_0 + \frac{t^3}{2.3}\frac{dh_0}{dz} + \frac{t^5}{2.3.4.5}\frac{d^2h_0}{dz^2} + \ldots + \frac{t^{2n+1}}{2.3\ldots(2n+1)}\frac{d^nh_0}{dz^n} + \ldots. \tag{5}$$

Ainsi se trouvera exprimée directement, *en fonction des dénivellations initiales de toute la masse fluide*, la suite de ses états ultérieurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation du ricinoléate de méthyle par l'ozone.* Note de MM. **A. Haller** et **A. Brochet**.

Des recherches nombreuses ont été faites sur l'action de l'ozone sur les matières organiques depuis l'époque de la découverte, par Schœnbeim, de cette variété allotropique de l'oxygène [1].

L'étude de cette action a été reprise dans ces dernières années par M. Harries d'une part, et M. Molinari de l'autre.

Dans une série de recherches du plus haut intérêt, M. Harries a réussi à montrer que l'ozone, en agissant entre autres sur des corps non saturés, s'y fixait en raison de 1^{mol} O^3 par chaque double liaison.

---

[1] A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 657; t. CXLIV, p. 465.

En présence de molécules aldéhydiques, cétoniques ou acides, l'ozone fournit des composés renfermant 1^{at} d'oxygène de plus que la molécule primitive.

Étendant son étude à d'autres substances, M. Harries est arrivé à codifier en quelque sorte l'action de l'ozone sur la plupart des groupes de molécules, de telle sorte qu'on sait actuellement comment se comporte ce corps vis-à-vis des principales fonctions.

I. La facilité relative avec laquelle on réussit actuellement à obtenir les éthers des acides gras en soumettant à *l'alcoolyse* (¹) les matières grasses nous a suggéré l'idée de faire agir de l'ozone sur l'un de ses éthers-sels, *le ricinoléate de méthyle*, pour nous rendre compte de la nature des corps que l'on obtient par le dédoublement de cette molécule.

On sait que l'acide ricinoléique est un acide-alcool non saturé répondant à la formule $C^{18}H^{34}O^3$. Il fixe en effet 2^{at} de brome et se combine à 1^{mol} d'acide acétique pour former de l'acide acétoricinoléique quand on le chauffe à 100° avec de l'anhydride acétique.

On sait d'autre part que l'acide $C^{18}H^{34}O^3$ est à chaîne normale et qu'on peut le convertir au moyen de l'iode et du phosphore en acide iodostéarique et partant en acide stéarique.

Les positions respectives du complexe non saturé et de la fonction alcoolique sont fixées par un ensemble de réactions, fort délicates, dont nous ne citerons que les plus importantes.

Oxydé par l'intermédiaire de l'acide azotique étendu, l'acide ricinoléique donne naissance à de l'acide œnanthylique ou heptanoïque $C^7H^{14}O^2$, de l'acide oxalique $C^2O^4H^2$ et de l'acide azélaïque $C^9H^{16}O^4$.

L'agent oxydant s'attaquant aux points de faible résistance de la molécule, il semblait légitime d'admettre que l'acide eût la constitution suivante :

$$\text{(I)} \qquad CH^3(CH^2)^5 - CHOH.CH^2.CH = CH(CH^2)^7.COOH.$$

Mais l'acide ricinoléique subit d'autres dédoublements.

Soumis à la distillation sèche dans le vide, il donne naissance à de l'acide undécylénique et à de l'aldéhyde œnanthylique (¹). D'autre part, chauffé avec de la soude caustique en excès, il fournit de l'alcool octylique (²), de

(¹) Krafft, *Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch.*, t. X, 1877, p. 2034. En réalité, M. Krafft a opéré sur de l'huile de ricin. L'un de nous a montré que les éthers ricinoléiques, notamment les ricinoléates de méthyle et d'éthyle, subissaient le même dédoublement (A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 465).

(²) Goldsobel, *Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch.*, t. XXVII, p. 3121.

la méthylhexylcétone et de l'acide sébacique, toutes réactions qui, si elles confirment nettement la position de la fonction alcool dans la molécule, semblent ne point corroborer l'hypothèse suivant laquelle la double liaison se trouve située en 9-10 dans l'acide ricinoléique. Une formule où cette double liaison serait en 10-11 serait plus en harmonie avec les deux dernières réactions citées :

$$(\mathrm{II})\quad CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH=CH(CH^2)^8.COOH$$
$$=CH^3(CH^2)^5.CHO+CH^2=CH(CH^2)^8.COOH,$$

$$CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH=CH(CH^2)^8.CO^2H+2\,NaHO$$
$$=CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH^3+CO^2Na(CH^2)^8.CO^2Na+H^2.$$

Nous devons toutefois ajouter qu'un ensemble de recherches fort délicates dues à Goldsobel (1), Behrend (2) et Kasanski (3) confirment entièrement la constitution (I) attribuée à l'acide ricinoléique. La contradiction qui semble exister entre les réactions d'oxydation et celles de dédoublement, sous l'influence de la chaleur et de la soude, n'est qu'apparente et trouve son explication dans le fait du déplacement de la double liaison.

Le but de la présente étude a été de rechercher si, en oxydant l'éther ricinoléique au moyen de l'ozone, il était possible de trouver, dans leur intégralité, les deux moitiés en C^9 provenant du dédoublement, sous la forme d'aldéhyde-alcool ou d'acide-alcool pour la première moitié, et sous celle d'aldéhyde-éther-sel ou d'acide-éther-sel pour la seconde moitié.

Ajoutons que cette tentative a déjà été faite par MM. Harries et Thieme (4); mais ces savants, en oxydant l'acide ricinoléique par l'ozone, ont obtenu un ozonide dont la composition se rapproche de la formule $C^{18}H^{34}O^8$, ozonide qui par dédoublement ne leur a fourni, comme produit bien défini, que de l'acide azélaïque à côté d'une huile non étudiée.

L'appareil que nous avons fait établir pour la production de l'ozone ressemble, à quelques modifications près, à celui imaginé par M. Berthelot. Nous en donnerons la description détaillée dans un autre recueil. Il nous permet d'obtenir un oxygène renfermant environ 150^{mg} d'ozone par litre.

On a fait barboter le gaz dans du ricinoléate de méthyle distillant de 225° à 227° sous 15^{mm} auquel on a ajouté 10 pour 100 d'eau.

Au commencement de l'opération on a soin d'entourer le flacon, dans

(1) Goldsobel, *Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch.*, t. XXVII, p. 3121.
(2) Behrend, *Ibid.*, t. XXIX, p. 806.
(3) Kasanski, *Ibid.*, t. XXXII, p. 149.
(4) Thieme, *Diss. inaug. Kiel*, 1906, p. 25.

lequel se fait la réaction, d'eau mélangée de glace. Au bout de quelque temps le liquide s'épaissit peu à peu, devient laiteux et mousse passablement. Quand le gaz a de la peine à passer, on cesse de refroidir pour augmenter la fluidité, et l'on arrête le passage du courant gazeux quand la mousse est abondante et épaisse.

Par refroidissement, l'ozonide devient presque solide. On l'étend sur des assiettes poreuses et on le sèche dans le vide. Le produit ainsi obtenu est lavé à l'éther anhydre et de nouveau séché. Il constitue une poudre blanche fondant entre 80° et 85° et qui se conserve très bien à l'abri de l'humidité. Sa composition, déterminée par l'analyse élémentaire, répond à la formule $C^{19}H^{36}O^{7}$. L'éther ricinoléique a donc fixé 4^{at} d'oxygène et, en se basant sur la théorie émise par M. Harries, on peut attribuer à cet ozonide la formule suivante :

$$CH^{4}(CH^{2})^{5}.CHOH.CH^{2}.\underset{\substack{|\\ O}}{CH}-\underset{\substack{|\\ O}}{CH}-(CH^{2})^{7}.\underset{\substack{\|\\ O}}{CO}-OCH^{3}.$$
$$\diagdown O \diagup$$

Décomposition de l'ozonide. — Une série d'essais nous ayant démontré que les produits de dédoublement de l'ozonide pur sont les mêmes que ceux obtenus avec l'ozonide brut, nous exposerons ici le traitement réalisé sur le produit de l'action de l'ozone sur 250^{g} de ricinoléate de méthyle et 25^{g} d'eau.

Étant donnée la nature aldéhydique et acide des composés qui se forment lors de la rupture de l'ozonide, on peut concevoir un traitement au bisulfite suivi d'un autre au carbonate de soude ou la réciproque [1]. Remarquons que la décomposition de l'ozonide au moyen du bisulfite est souvent très violente, tandis qu'avec le carbonate de soude elle est beaucoup plus modérée.

Pour opérer la décomposition au moyen du carbonate on délaie l'ozonide dans l'eau et l'on chauffe au bain-marie, en ajoutant peu à peu une solution du sel alcalin. Après refroidissement on sépare les deux couches, et l'on traite l'huile surnageante par une solution concentrée de bisulfite de soude qui se combine aux corps aldéhydiques.

Partie soluble dans le carbonate de soude. — On acidule la solution au moyen de l'acide sulfurique et l'on sépare la couche huileuse qui est consti-

---

[1] MM. Molinari et Soncini ont soumis au même traitement l'ozonide de l'acide oléique (*Ber. deut. chem. Ges.*, t. XXXIX, 1906, p. 2735).

tuée par un mélange d'acides, d'aldéhyde acide et d'acide-éther-sel. Le produit est en effet réducteur. On le dissout dans l'éther et l'on agite la solution avec du bisulfite de soude qui se combine à l'acide aldéhyde.

La solution éthérée fournit, après évaporation, environ 62g d'un mélange d'acides de consistance butyreuse qui est formé par les trois composés :

$CH^3(CH^2)^5-CHOH.CH^2.CO^2H$	$COOH(CH^2)^7COOH$	$COOH(CH^2)^7CO^2CH^3$
Acide β-oxypélargonique.	Acide azélaïque.	Azélaïate acide de méthyle.

Comme il n'a pas été possible de séparer ces trois substances l'une de l'autre, on a saponifié le tout par de la potasse alcoolique et évaporé la solution pour chasser l'alcool. Le résidu est acidulé et agité avec de l'éther. On recueille la liqueur éthérée, on l'évapore, et la masse résiduelle est épuisée avec de l'éther de pétrole bouillant. La solution, après avoir été filtrée, abandonne par refroidissement des paillettes cristallines de l'acide β-oxypélargonique.

Quant à la partie insoluble dans l'éther de pétrole, elle est constituée par de l'acide azélaïque qui, purifié par cristallisation dans l'eau, fond à 106°.

L'*acide β-oxypélargonique ou nonanol-3-oïque* $C^9H^{18}O^3$ se présente sous la forme de grandes lamelles blanches et brillantes, grasses au toucher et fondant à 47°-48°. Insoluble dans l'eau, il se dissout à froid dans l'alcool et l'éther, et à chaud dans l'éther de pétrole bouillant. Ses solutions dans l'alcool absolu dévient la lumière polarisée à droite. $[\alpha]_D = +2°26'$.

Son sel d'argent $C^9H^{17}O^3Ag$ est une poudre blanche qui cristallise par refroidissement de sa solution aqueuse.

La synthèse de cet acide a été faite en collaboration avec le regretté C. Martine en faisant agir le dérivé organomagnésien de l'éther bromacétique sur l'œnanthol. Toutefois le produit obtenu dans ces conditions, tout en ayant la même constitution que l'acide dérivé de l'acide ricinoléique, ne peut être qu'un acide inactif par compensation. Son point de fusion est en effet différent et est situé à 61°. Des tentatives faites pour le dédoubler n'ont pas réussi jusqu'à présent.

L'opération décrite a fourni environ 30g des deux acides β-oxypélargonique actif et azélaïque.

Dans le but de séparer les trois acides β-oxypélargonique, azélaïate acide de méthyle et azélaïque, nous avons soumis une autre portion du mélange à la distillation fractionnée dans le vide de 15mm.

La fraction passant de 150° à 180° renfermait un acide non saturé, difficile à obtenir pur, mais qui, oxydé par le permanganate de potasse,

fournit de l'*acide heptanoïque* distillant de 220° à 225° sous la pression ordinaire.

On a préparé et analysé son sel d'argent $C^7H^{13}O^2Ag$ qui se dépose en paillettes cristallines de sa solution aqueuse.

L'acide non saturé ne peut être que l'*acide nonénoïque*-2 formé aux dépens de l'acide β-oxypélargonique au cours de la distillation :

$$CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH^2.CO^2H = CH^3(CH^2)^5 - CH = CH.CO^2H,$$

lequel doit fournir par oxydation de l'acide heptanoïque et de l'acide oxalique

$$CH^3(CH^2)^5.CH = CH\,CO^2H + O^4 = CH^3(CH^2)^5 - COOH + C^2O^4H^2.$$

Des analyses faites sur les portions d'acides passant au-dessus de 180° montrent bien qu'elles renferment de l'azélaïate de méthyle acide, mais il n'a pas été possible d'isoler le produit à l'état de pureté.

Partie insoluble dans le carbonate de soude. — Cette portion (204^g) est agitée avec du bisulfite de soude concentré et abandonnée à elle-même pendant 24 heures. La masse étendue d'eau tiède est ensuite traitée par de l'éther qui dissout environ 25^g d'un produit qui n'est ni aldéhydique ni acide.

La solution aqueuse, séparée de la liqueur éthérée, abandonne, après concentration préalable, un corps blanc et parfaitement cristallisé en aiguilles dont l'analyse conduit à la formule

$$CH^3.O^2C(CH^2)^7 - CH\begin{cases} OH \\ SO^3Na \end{cases}$$

qui est celle de la combinaison bisulfitique de l'éther-sel de la semi-aldéhyde azélaïque ou *nonanal-1-oate de méthyle-9* $CH^3O^2C(CH^2)^7CHO$.

Cette combinaison chauffée avec de l'acide sulfurique étendu se dissocie en donnant un mélange des deux aldéhydes

$CH^3.CO^2(CH^2)^7.CHO$	$HO^2C.(CH^2)^7CHO$
Nonanal-1-oate de méthyle-9.	Acide nonanal-1-oïque-9.

ce dernier provenant de la saponification du premier.

On sépare les deux aldéhydes par le carbonate de soude et la partie insoluble est fractionnée dans le vide. L'aldéhyde éther-sel est un liquide qui bout à 140°-145° sous 15^{mm}.

Quant à l'aldéhyde acide $HO^2C(CH^2)^7CHO$, mis en liberté de son sel de soude, il constitue une masse solide fusible vers 70° et bouillant à 181°-182° sous 15^{mm}. Ces deux produits, dont le second a déjà été obtenu par

M. Harries et ses élèves MM. Thieme (1) et Turck (2), et par MM. Molinari et Soncini (3) en partant de l'acide oléique, s'oxydent tous deux très facilement au contact de l'air.

On a tenté de préparer la semicarbazone des deux semi-aldéhydes, mais seule la semi-aldéhyde acide a fourni la semicarbazone

$$CO^2H(CH^2)^7CHN^2H.CO^2NH^2,$$

déjà préparée par MM. Harries et Thieme (4) en partant des produits de dédoublement de l'ozonide de l'acide oléique.

Cette semicarbazone constitue une poudre blanche fondant à 162°-163°.

Oxydées par le permanganate de potasse, ces aldéhydes ont fourni toutes deux de l'acide azélaïque.

Les eaux mères provenant de la cristallisation de la combinaison bisulfitique $CH^3O^2C(CH^2)^7CH\begin{cases}OH\\SO^3Na\end{cases}$ fournissent un liquide brunâtre quand on les chauffe avec de l'acide sulfurique étendu. Ce liquide, oxydé par le permanganate de potasse, donne naissance à des acides parmi lesquels nous avons réussi à isoler, par distillation fractionnée, de l'acide heptanoïque passant de 222° à 225° et dont nous avons préparé et analysé le sel d'argent.

Cet acide ne peut provenir que de la combinaison bisulfitique de l'aldéhyde alcool $CH^3(CH^2)^5-CHOH.CH^2.CHO$.

Produit résiduel. — Les 25^g de substance laissée par le carbonate sodique et le bisulfite de soude sont constitués par des produits huileux non déterminés et par un mélange de palmitate et de stéarate de méthyle fondant à 32°.

En résumé, l'ensemble des recherches auxquelles a donné lieu le ricinoléate de méthyle montre :

1° Que cet éther donne naissance à un ozonide $C^{19}H^{36}O^7$ à côté de produits huileux, quand, mis en présence de 10 pour 100 d'eau, on le soumet à l'action de l'ozone à 150^{mg} par litre dans les conditions où nous avons opéré;

2° Qu'ozonide et produits huileux, soumis à l'action successive du carbonate de soude et du bisulfite de soude, fournissent :

---

(1) Harries et Thieme, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. CCCXLIII, p. 354.

(2) Harries et Turck, *Deut. chem. Ges.*, t. XXXIX, 1906, p. 3732.

(3) Molinari et Soncini, *Deut. chem. Ges.*, t. XXXIX, p. 2735.

a. De l'acide β-oxypélargonique $CH^3(CH^2)^5.CHOH.COOH$ actif isomère avec un acide β-oxypélargonique inactif préparé synthétiquement;

b. De l'acide azélaïque et son éther méthylique acide;

c. La semi-aldéhyde de l'acide azélaïque et son éther méthylique; la première de ces semi-aldéhydes a été caractérisée par sa semicarbazone;

3° Que, lorsqu'on soumet à la distillation le mélange d'acides provenant du traitement au carbonate de sodium, on réalise la formation, aux dépens de l'acide β-oxypélargonique, d'un acide non saturé qui par oxydation fournit de l'acide heptanoïque;

4° Que ce même acide heptanoïque prend naissance en oxydant les composés huileux provenant de l'hydrolyse, au moyen de l'acide sulfurique étendu, des eaux mères bisulfitiques. De ce fait on est autorisé à admettre, dans ces eaux mères, l'existence d'une combinaison bisulfitique de l'aldéhyde $CH^3(CH^2)^5 - CHOH.CH^2.CHO$.

Tous ces résultats, obtenus dans des conditions où il est impossible d'admettre un changement dans l'acide ricinoléique par suite d'un déplacement de la double liaison, confirment la constitution qui est actuellement attribuée à cet acide. Sous l'influence de l'ozone la molécule donne un ozonide qui se rompt suivant l'équation :

$$CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH^2\underset{\underset{\diagdown O \diagup}{|\quad |}}{CH - HC}(CH^2)^7.COOH + H^2O$$

$$= CH^3(CH^2)^5.CHOH.CH^2CHO + OHC(CH^2)^7.COOH + H^2O^2,$$

chacun des tronçons aldéhydiques subissant ultérieurement, plus ou moins, l'atteinte de l'oxygène pour donner naissance à la série de corps énumérés au cours de notre travail.

ANATOMIE. — *Une fonction supplémentaire du pied dans la race jaune.* Note de M. Lannelongue.

Le pied de l'homme, partie essentielle de son appareil de locomotion, est le soutien du poids du corps durant la marche; sa surface plantaire est admirablement configurée pour s'adapter aux inégalités du sol. Dans les attitudes couchées et assises la fonction du pied a un rôle tout à fait accessoire. Telles sont esquissées en trois lignes les fonctions du pied dans la race blanche et les exemples où le pied sert à la préhension des objets sont tout à fait exceptionnels. On cite cependant quelques faits de peintres peignant

avec le pied, Ducournet, par exemple. Le pied du montagnard a une conformation spéciale pour agripper les roches qui assurent son aplomb dans la montée ou dans la descente, comme le pied des gens du désert a, inversement, une forme particulière.

Mais si, dans la race blanche, le corps de l'homme ne quitte guère la verticale que pour se coucher plus ou moins horizontalement ou pour s'asseoir sur des sièges plus ou moins élevés au-dessus du sol, il en est tout autrement dans d'autres races humaines, la race jaune par exemple.

Ici, d'une part, l'homme passe une partie de son temps dans *une position accroupie.*

D'autre part, certaines populations vivent entièrement sur l'eau. Les fleuves et tous leurs affluents, les arroyos, constituent, dans certaines contrées de l'Extrême-Orient, des surfaces d'eaux d'une étendue dont nous ne nous faisons pas l'idée. L'homme y jette des bateaux en nombre considérable sur lesquels il fait un établissement pour sa famille. La famille vit sur le *sampan* ou la barque de transport et de pêche durant toute l'année, et la femme est un habile batelier; les enfants sont en général nombreux.

Le point de départ des transformations fonctionnelles du pied se trouve dans son adaptation séculaire à des usages spéciaux. Pour mieux répondre à l'emploi qu'on lui demande, le pied n'est jamais enfermé dans une chaussure plus ou moins rigide et plus ou moins étroite qui lui impose mécaniquement une forme propre empêchant son développement fonctionnel. On n'y voit pas, par exemple, l'avant-pied s'effiler en pointe et les orteils serrés les uns contre les autres s'infléchir dans une position qui déforme la pulpe et la force à s'appliquer comme un bourrelet ou un marteau sur la semelle de la chaussure.

En Extrême-Orient, au contraire, le pied est tantôt, et le plus souvent, nu (Indiens et Malais, Chinois des champs et des villes du Sud), tantôt recouvert seulement par un bas en fourche permettant l'introduction d'une courroie entre le premier et le second orteil (Japonais), tantôt recouvert d'un bas dans un soulier, pantoufle large, en étoffe, velours, etc. (Chinois).

Dans tous les cas, le pied repose soit directement sur le sol, soit sur une plaquette en bois (getta) ou une semelle de cuir qui ne lui impose aucune contrainte et le laisse se développer naturellement.

Examinons, d'après cela, les modifications fonctionnelles que prend le pied par le fait des circonstances précédentes dans les deux attitudes principales que prend le corps de l'homme durant l'état de veille : l'*attitude accroupie* et l'*attitude verticale.*

Attitude accroupie. — Elle est très fréquente dans l'Inde, au Japon, en Malaisie et même en Chine quoiqu'elle y soit plus rare. Elle offre trois positions différentes. Dans l'une, la plus ordinaire, le corps s'asseoit sur les talons, ostéologiquement sur les calcanéums (*attitude talonnière ou calcanéenne*); dans l'autre le corps repose sur le sol par les fesses, ostéologiquement par l'intermédiaire des ischions (*attitude terrienne*); dans la troisième, enfin, les ischions ne reposent sur rien et le corps reste en l'air (*attitude aérienne*).

Dans chacune de ces attitudes le pied est employé différemment. Prenons l'accroupissement *sur le sol ou terrien*. Les membres inférieurs, fortement fléchis en général, se placent en avant du corps; les genoux forment une saillie angulaire et donnent un point d'appui aux membres supérieurs. C'est la position favorite des Indiens, qui quelquefois dorment ainsi accroupis, des Malais et aussi celle de beaucoup de nègres ou d'indigènes Africains. Cette position se rapproche beaucoup de celle que prennent habituellement les singes.

J'ai vu à Tôkyô, dans une loge de théâtre, un adolescent de 16 à 17 ans se tenir accroupi avec ses pieds agrippés en manière de mains sur la rampe d'une loge et ensuite se servir de son pied droit pour gratter sa cuisse et son genou gauche; c'était le gros orteil doué de mouvement de latéralité et d'une légère rotation qui accomplissait cette besogne.

Dans l'accroupissement *talonnien* le tronc repose directement sur les talons; c'est l'attitude familière aux Japonais qui s'asseoient couramment sur leurs pieds durant les repas et chez eux, dans toutes les habitudes de la maison, comme nous prenons une position assise sur une chaise, sur un fauteuil, sur un divan, etc.

Les diverses articulations de la hanche, du genou, du cou-de-pied, mises à contribution dans les sens les plus extrêmes, y gagnent en souplesse et en étendue. Le déplacement du centre de gravité oblige le corps à se porter en avant et souvent à faire un usage des mains quand surtout on n'a pas l'habitude de ces positions. Le pied acquiert, par suite, une souplesse et une agilité des plus grandes qui lui permettent d'endurer très longtemps ces attitudes; de plus, l'extrême mobilité des orteils, du gros en particulier, font que ces organes sont accommodés à de nombreuses fonctions, depuis celles qui assurent l'équilibre, jusqu'à celles qui consistent à prendre et à tenir les objets qui sont à leur portée.

Accroupissement aérien. — Dans cette attitude le plan inférieur du corps ne repose plus sur les talons; il en est séparé par un intervalle plus ou moins

grand; les ischions, en un mot, ne portent sur rien. Les pieds appuient sur le sol à plat ou plus ou moins relevés en arrière, les membres inférieurs sont fléchis et la face postérieure des cuisses s'applique sur le mollet. C'est l'attitude que l'on prend quand on va à la garde-robe.

L'accroupissement aérien est beaucoup plus rare que les deux autres; il semble être un délassement, bien qu'à première vue il paraisse fatigant. Dans cette attitude le pied est encore employé. J'ai vu un enfant, posé dans cette attitude sur le bord d'un sampan, se servir de son pied pour accomplir un acte que Rabelais eût compris dans les moyens dont il fait l'énumération en certain Chapitre.

Durant la marche, l'ensemble du pied tend à se porter en dedans, vers la ligne médiane du corps, et repose davantage sur le bord externe; la partie antérieure du pied appelle l'attention, elle s'applique sur le sol en s'y étalant, en s'élargissant comme un éventail dont les orteils seraient les lames; on voit un vide entre les doigts du pied et surtout entre le gros orteil et le second doigt.

Les orteils n'apparaissent plus infléchis, raccourcis comme chez les Européens; ils sont droits et bien développés.

Pour mieux favoriser l'isolement et l'indépendance du gros orteil, on place souvent un corps étranger permanent, un anneau entre cet orteil et le second doigt, sans parler des ornements particuliers dont sont parés les pieds des Indiens.

J'ai dit que le gros orteil s'écarte des autres; mais, en outre, cet organe peut exécuter un faible mouvement de rotation de manière que sa face dorsale ou onguéale se porte un peu en dedans. Ce dernier mouvement m'a paru se produire dans l'articulation métatarso-phalangienne.

Le gros orteil devient alors, comme le pouce de la main, un organe servant à la préhension des objets. Le petit orteil, lui-même, peut exécuter isolément un certain degré d'abduction et une faible rotation qui porte en dehors sa face dorsale; j'ai remarqué ce fait chez les femmes qui manient la pagaie sur les sampans.

Tout en marchant, les indigènes se servent de leurs pieds pour ramasser à terre, avec dextérité et précision, un objet quelconque : des feuilles d'arbres, des fruits; ils poursuivent et prennent des souris vivantes; mais c'est surtout dans certaines professions que l'usage du pied est important et rend l'ouvrier plus habile.

Je fais surtout allusion à la profession des bateliers. Dans les fleuves, les rivières, ou les canaux, les transports, comme la poste, se font à l'aide des

sampans. Les femmes aussi bien que les hommes les manœuvrent toute la journée et le pied prenant leur rend la tâche beaucoup plus aisée. Chaque Chinois postier, étendu sur son bateau effilé, gouverne avec les mains et rame avec les pieds; il tient la rame avec énergie entre le gros orteil et les autres doigts et imprime un vigoureux mouvement au bateau par l'action puissante des muscles du membre inférieur.

En appelant l'attention sur les faits précédents, j'ai voulu mettre en relief le fait de populations nombreuses, possédant des membres inférieurs doués d'une grande souplesse et d'une grande agilité.

Le pied n'est plus chez elles un organe exclusif servant à porter le corps. Il peut, selon le genre de vie des gens, s'accommoder à d'autres fonctions et devenir un organe de préhension au même titre que la main et la bouche de l'homme, que la trompe de l'éléphant, que la queue du singe d'Amérique; il est toutefois infiniment moins préhensile que ces derniers organes.

En tant qu'organe de locomotion, le pied rend la marche plus sûre, plus aisée et, dans les circonstances difficiles, moins exposée. En tant qu'*organe prenant*, il donne à celui qui le possède, à cette population considérable de pêcheurs, bateliers, par exemple, de sérieux avantages pour les besoins journaliers de l'existence.

M. A. Laveran fait hommage à l'Académie du Tome II du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1910 :

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Saintour. — MM. Ph. van Tieghem, Troost, Armand Gautier, Guignard, Müntz, Roux, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Schlœsing père, Michel Lévy.

Prix Caméré. — MM. Léauté, Michel Lévy, Humbert, Alfred Picard, Vieille, Le Chatelier, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Poincaré, Carnot.

Prix Jérôme Ponti. — MM. Maurice Levy, Darboux, Chauveau, Bornet, Poincaré, Perrier, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Ph. van Tieghem, Lacroix.

Prix Houllevigue. — MM. Darboux, Lippmann, Poincaré, Émile Picard, Perrier, Violle, Deslandres.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Maurice Levy, Armand Gautier.

L'Académie procède également, par la voie du scrutin, à la nomination des Commissions suivantes :

Commission chargée de présenter une *Question de Prix Vaillant*, pour l'année 1913 : MM. Jordan, Darboux, Lippmann, Poincaré, Émile Picard, Appell, Humbert.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Boussinesq, Painlevé.

Commission chargée de présenter une *Question de Grand Prix des Sciences physiques*, pour l'année 1913 : MM. Troost, Bornet, Perrier, Guignard, Michel Lévy, Bouvier, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Schlœsing père, Bouchard.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

The Carnegie Institution of Washington, founded by Andrew Carnegie. *Scope and organization.*

Traité de Physique, par O.-D. Chwolson, Tome IV, 1er fascicule : *Champ électrique constant.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une condition générale d'intégrabilité.* Note [1] de M. **Émile Borel.**

En indiquant dans une Note récente [2] un point de vue nouveau pour la définition de l'intégrale, j'ai insisté particulièrement sur les analogies avec

---

[1] Reçue dans la séance du 21 février 1910.

[2] *Comptes rendus* du 14 février 1910.

les travaux et les idées de M. Lebesgue; je voudrais montrer aujourd'hui comment on peut rattacher simplement cette définition à mes premières recherches sur la mesure des ensembles; j'en profiterai pour préciser quelques points dans la construction des *intervalles d'exclusion* et pour en déduire une condition très générale d'intégrabilité des fonctions non bornées. Je ne m'occuperai aujourd'hui que des fonctions d'une seule variable.

Je rappelle d'abord, sous la forme primitive que je lui avais donnée dans ma Thèse (1894), le théorème fondamental sur lequel est basée la théorie : *Si l'on a sur une droite une infinité* (dénombrable) *d'intervalles partiels, tels que tout point de la droite soit intérieur à l'un au moins des intervalles, on peut déterminer effectivement un* NOMBRE LIMITÉ *d'intervalles choisis parmi les intervalles donnés et ayant la même propriété.* De ce théorème on déduit la construction générale des ensembles que j'ai appelés *mesurables* et la définition de la *mesure* pour ces ensembles ([1]). En particulier, un ensemble qui peut être enfermé dans une infinité (dénombrable) d'intervalles de longueur totale aussi petite que l'on veut de *mesure nulle*. De ces définitions et du théorème fondamental on déduit aisément le théorème suivant :

Étant donnés, dans un domaine limité, une infinité (dénombrable) *d'ensembles mesurables tels que la mesure de chacun d'eux ne soit pas inférieure à* σ, *les points communs à une infinité d'entre eux forment un ensemble dont la mesure n'est pas inférieure à* σ ([2]); théorème dont la conséquence immédiate est que : *la propriété pour une fonction d'être continue en excluant des ensembles de mesure aussi petite que l'on veut se conserve à la limite* ([3]). En d'autres termes, étant donnée une série convergente de fonctions continues (non uniformément convergente), on peut déterminer des *intervalles d'exclusion* d'étendue totale aussi petite que l'on veut et tels que la fonction définie par la série soit continue lorsqu'on néglige ces intervalles. On en conclut

---

([1]) La mesure d'un intervalle est sa longueur; la mesure d'un ensemble formé par la réunion d'ensembles sans partie commune (en nombre fini ou infini) est la somme des mesures; la mesure de la différence de deux ensembles, dont l'un est entièrement intérieur à l'autre, est la différence des mesures; si un ensemble quelconque est intérieur à un ensemble mesurable, sa mesure est *inférieure ou égale* à celle de l'ensemble mesurable; la mesure n'est jamais négative. L'utilité du théorème fondamental est de prouver que ces définitions ne peuvent pas entraîner de contradiction (*Leçons sur la théorie des fonctions*, Chap. III, 1898).

([2]) *Un théorème sur les ensembles mesurables* (*Comptes rendus*, t. CXXXVII, 17 décembre 1903, p. 966).

([3]) *Ibid.*, p. 967.

que cette fonction est intégrable, avec la définition de ma précédente Note, dans le domaine obtenu en faisant abstraction de ces intervalles d'exclusion. Si la fonction est bornée, l'intégrale tend évidemment vers une limite lorsque la somme des intervalles d'exclusion tend vers zéro. Il en résulte que toute fonction bornée limite de fonctions continues est intégrable et ce résultat s'étend sans peine aux fonctions bornées limites des fonctions précédentes, et ainsi de suite, c'est-à-dire à toutes les fonctions bornées qui peuvent être définies analytiquement. Les résultats précédents équivalent à des résultats obtenus par M. Lebesgue; ceux qui suivent me paraissent nouveaux.

Si la fonction limite de fonctions continues n'est pas bornée, il est des cas où elle n'est pas intégrable; citons comme exemple la fonction

$$f(x) = \lim_{n=\infty} \frac{nx}{1+nx^2}.$$

Il faut donc ajouter une condition supplémentaire; nous l'énoncerons brièvement en disant que *les pôles doivent être d'ordre inférieur à l'unité*, ce qui nous permettra de considérer aussi des séries de fonctions *discontinues* intégrables, pourvu que ces séries soient convergentes *en général*, c'est-à-dire que l'ensemble des points de divergence soit de mesure nulle.

La seule précaution à prendre est la suivante : il ne suffit pas que la somme des intervalles d'exclusion tende vers zéro lorsqu'on fait varier l'ensemble de ces intervalles; il faut encore avoir soin, dans chaque choix particulier que l'on fait de ces intervalles, d'assujettir leur décroissance asymptotique à ne pas être trop rapide. Précisons ce point. On dit, en général, qu'un point a est un pôle d'ordre au plus égal à α pour une fonction $f(x)$ lorsque, en excluant un intervalle d'étendue ε, la fonction est inférieure en valeur absolue à $A\varepsilon^{-\alpha}$, A étant un nombre fixe. *On dira de même qu'un ensemble dénombrable de pôles est d'ordre au plus égal à α lorsqu'on pourra fixer une loi de décroissance asymptotique des intervalles d'exclusion* (¹) *telle que, si l'on multiplie tous ces intervalles par un nombre arbitrairement petit ε, la fonction soit inférieure en valeur absolue à $A\varepsilon^{-\alpha}$.* Tel est le cas pour la fonction que je citais dans ma dernière Note :

$$\Sigma e^{-n} |x - a_n|^{\frac{1}{2}}.$$

L'ordre α est ici $\frac{1}{2}$; l'intervalle d'exclusion correspondant à a_n peut être pris égal à $\frac{\varepsilon}{n^2}$.

(¹) Bien entendu, les longueurs de ces intervalles forment une série *convergente*.

On arrive dès lors à la conclusion générale suivante : *toute fonction d'une variable réelle définissable analytiquement est intégrable lorsque l'ordre maximum de ses pôles est un nombre inférieur à un.* Le cas où l'intervalle d'intégration s'étend à l'infini se ramène au cas de l'intervalle fini par un changement de variable. On sait que, si l'ordre d'un pôle est égal ou supérieur à 1 et si la fonction ne change pas de signe une infinité de fois dans le voisinage de ce pôle, elle n'est pas intégrable. Le seul cas douteux nouveau qui resterait à étudier est celui d'une infinité dénombrable de pôles dont les ordres seraient tous inférieurs à 1, mais ne seraient inférieurs à aucun nombre plus petit que 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions asymptotiques des équations différentielles.* Note de M. **Émile Cotton**, présentée par M. Émile Picard.

Les lignes suivantes contiennent une démonstration nouvelle du théorème d'existence des solutions asymptotiques (¹), basée sur des hypothèses moins restrictives que celles faites habituellement. La méthode suivie est celle des approximations successives de M. Picard, mais elle est appliquée *après transformation des équations différentielles en des équations intégrales convenablement choisies.* Cet artifice augmente beaucoup la puissance de la méthode et peut être avantageusement employé dans d'autres parties de la théorie des équations différentielles (²).

1. Soit S une solution d'un système Σ d'équations différentielles, qui reste régulière lorsque la variable indépendante t croît de zéro à $+\infty$ (nous nous limitons aux éléments réels). Supposons que le système d'équations aux variations relatif à S et Σ appartienne à la classe des systèmes réductibles de M. Liapounoff (Mémoire cité n° 10 et Note du n° 18). On peut alors, par un choix convenable des fonctions inconnues $x_1, x_2, \ldots, x_n$, ramener S à $x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0$, et les équations aux variations à des

(¹) Voir : Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. I, Chap. VII; Picard, *Traité d'Analyse*, t. III, Chap. VIII; le Mémoire de Liapounoff, *Sur la stabilité du mouvement*, traduit par M. Davaux, *Annales de Toulouse*, 1908.

(²) On peut, par exemple, interpréter de cette façon la méthode d'approximations employée par M. Bendixon dans l'étude des points singuliers. Pour le cas élémentaire, où l'arc de caractéristique cherché est fini et régulier, voir un article du *Bulletin de la Société mathématique de France*.

LIBRARY MASS.

équations linéaires à coefficients réels et constants de la forme suivante :

$$\frac{d\xi_1}{dt} = \rho_1 \xi_1, \qquad \ldots, \qquad \frac{d\xi_n}{dt} = \rho_n \xi_n.$$

Nous voulons démontrer que, *s'il y a p nombres* ρ *négatifs,* Σ *admet une famille de solutions dépendant de p constantes arbitraires asymptotiques à* S *pour* $t = +\infty$.

2. Pour abréger l'écriture, *nous supposerons ici* $n = 2$ et $p = 1$. Écrivons alors les équations de Σ,

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt} = -\lambda x + P(x, y, t), \qquad \frac{dy}{dt} = \mu y + Q(x, y, t).$$

Nous supposons $\lambda > 0$, $\mu \geqq 0$, et nous faisons les hypothèses suivantes : Pour toute valeur positive de t, et pour $|x| \leqq b$, $|y| \leqq b$, P et Q sont fonctions bien définies et continues de x, y et t, s'annulent pour $x = y = 0$, admettent par rapport à x et à y des dérivées premières continues, qui s'annulent aussi pour $x = y = 0$. Alors, ε étant un nombre positif arbitrairement choisi, on peut lui faire correspondre un nombre σ tel que pour $|x| \leqq \sigma$, $y \leqq \sigma$ les valeurs absolues des dérivées soient inférieures à ε.

3. Un procédé d'intégration des équations linéaires non homogènes, dû à Cauchy, amène à *rattacher l'étude des solutions de* (1) *asymptotiques à zéro à celle des équations intégrales*

$$(2) \qquad \begin{cases} x(t) = ae^{-\lambda t} + \displaystyle\int_0^t e^{\lambda(\alpha - t)} P[x(\alpha), y(\alpha), \alpha]\, d\alpha, \\ y(t) = -\displaystyle\int_t^\infty e^{-\mu(\alpha - t)} Q[x(\alpha), y(\alpha), \alpha]\, d\alpha. \end{cases}$$

Nous montrerons qu'elles admettent des solutions en établissant la légitimité et la convergence des approximations successives de M. Picard,

$$(3) \qquad \begin{cases} x_0(t) = ae^{-\lambda t}, \qquad y_0(t) = 0, \\ x_{m+1}(t) = ae^{-\lambda t} + \displaystyle\int_0^t e^{\lambda(\alpha - t)} P[x_m(\alpha), y_m(\alpha), \alpha]\, d\alpha, \\ y_{m+1}(t) = -\displaystyle\int_t^\infty e^{-\mu(\alpha - t)} Q[x_m(\alpha), y_m(\alpha), \alpha]\, d\alpha \\ \qquad (m = 0, 1, 2, \ldots). \end{cases}$$

4. Nous étudierons d'abord les *équations intégrales linéaires de comparaison*

$$(4)\quad X(t) = Ae^{-lt} + \varepsilon \int_0^t e^{l(\alpha - t)}[X(\alpha) + Y(\alpha)]\,d\alpha, \quad Y(t) = \varepsilon \int_t^\infty [X(\alpha) + Y(\alpha)]\,d\alpha.$$

On suppose $0 < l \leq \lambda$, $A > |a|$. Formons, par la méthode du n° 3, les approximations successives $X_m(t)$, $Y_m(t)$. On voit facilement qu'elles sont bien déterminées, et que les différences $X_m - X_{m-1}$, $Y_m - Y_{m-1}$ sont égales aux produits de $A\varepsilon^m e^{-lt}$ par des polynomes en t, de degrés non supérieurs à m, à coefficients positifs et indépendants de ε. Donc, pour $t > 0$ et fixe, $X_m(t)$ et $Y_m(t)$ croissent avec m.

D'autre part, on démontre de proche en proche que ces fonctions restent inférieures à

$$(5)\qquad \xi(t) = Ae^{-\rho t}, \qquad \eta(t) = \frac{\varepsilon}{\rho - \varepsilon} Ae^{-\rho t},$$

solutions du système linéaire

$$(6)\qquad \frac{d\xi}{dt} = -l\xi + \varepsilon(\xi + \eta), \qquad \frac{d\eta}{dt} = -\varepsilon(\xi + \eta)$$

correspondant à la plus petite des deux racines de l'équation caractéristique : $-\rho$ (ces racines sont réelles si $|\varepsilon|$ est assez petite). Les fonctions (5) vérifient aussi les équations intégrales (4).

Les séries entières en ε, formées par $\Sigma(X_m - X_{m-1})$, $\Sigma(Y_m - Y_{m-1})$ sont donc uniformément convergentes pour $|\varepsilon|$ assez petite; *leurs sommes restent inférieures à* θAe^{-ht}, où $0 < h < l$ et $\theta > 0$, h et θ étant indépendants de ε. On en conclut que *ces sommes* $X(t)$ *et* $Y(t)$ *vérifient les équations* (4) *et* (6) et sont identiques aux fonctions (5).

5. Laissons à ε une valeur positive fixe suffisamment petite, déterminons σ (n° 2), prenons $A < \frac{\sigma}{\theta}$ et $|a| < A$. Comparons x_m et y_m à X_m et Y_m, puis $x_m - x_{m-1}$, $y_m - y_{m-1}$ à $X_m - X_{m-1}$ et $Y_m - Y_{m-1}$, en utilisant des inégalités de Lipschitz convenables. On voit alors que x_m *et* y_m *sont bien définies, restent inférieures en valeurs absolues à* X *et à* Y, *et convergent uniformément vers des limites* x *et* y *vérifiant les équations* (1) *et* (2). Comme x et y dépendent de la constante arbitraire a et restent inférieures en valeur absolue à θAe^{-ht}, la proposition énoncée est bien établie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Conditions nécessaires et suffisantes pour la possibilité du problème de Dirichlet.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Picard.

Dans un Mémoire que je viens de publier [1] je me suis occupé de rechercher des conditions suffisantes pour la possibilité du problème de Dirichlet. Je me propose de compléter ici ces recherches en indiquant des conditions nécessaires.

Posons-nous, en particulier, le problème suivant :

Déterminer parmi les équations de la forme

$$(1) \qquad Ar + 2Bs + Ct = D \qquad (AC - B^2 > 0),$$

toutes celles pour lesquelles le problème de Dirichlet est toujours [2] *possible.*

Bornons-nous au cas où A, B, C, D sont des fonctions analytiques de x, y, z, p, q régulières pour toute valeur réelle finie de ces variables et telles que, pour p, q infinis, elles croissent comme des puissances entières de p, q. Dans la présente Note je supposerai, en outre, $A'_z = B'_z = C'_z = 0$ et $D'_z > 0$, en me réservant de revenir prochainement au cas général.

Ceci posé, considérons l'expression

$$E = Ap^2 + 2Bpq + Cq^2;$$

il est évident que l'ensemble des termes du plus haut degré en p, q ne peut changer de signe; il arrivera très souvent qu'il ne pourra même pas s'annuler pour p, q différents de zéro. *Si cette dernière circonstance se présente, la condition nécessaire et suffisante pour que le problème de Dirichlet soit toujours possible est que la croissance de* E *soit supérieure ou égale à la croissance de* D.

Ainsi, par exemple, le problème de Dirichlet pour l'équation

$$(2) \qquad (1 + q^2)r - 2pqs + (1 + p^2)t = z\sqrt{(1 + p^2 + q^2)^n},$$

sera toujours possible pour $n \leqq 2$, il deviendra, en général, impossible

---

[1] *Mathematische Ann.*, t. LXVIII.

[2] Pour fixer les idées on peut préciser ainsi le mot toujours : avec des données analytiques sur un contour convexe analytique quelconque.

pour $n > 2$ (ici $E = p^2 + q^2$). Au contraire, pour l'équation

$$(3) \qquad (1+p^2)r + 2pqs + (1+q^2)t = z\sqrt{(1+p^2+q^2)^n},$$

le problème sera possible tant que $n \leqq 4$, et sera, en général, impossible pour $n > 4$ [ici $E = p^2 + q^2 + (p^2+q^2)^2$].

Dans le cas où pour certaines valeurs du rapport $\frac{p}{q}$ l'ensemble des termes du plus haut degré dans E s'annulle, on peut encore affirmer *que le problème de Dirichlet est toujours possible, si la croissance de* E *est, pour toute valeur de* $\frac{p}{q}$, *supérieure ou égale à la croissance de* D, *et impossible dans le cas contraire*, c'est-à-dire, lorsque pour toute valeur de $\frac{p}{q}$ la croissance de E est inférieure à celle de D. Mais la question reste en suspens, si la croissance de E ne devient inférieure à celle de D que pour des valeurs exceptionnelles du rapport $\frac{p}{q}$.

Je remarquerai en terminant que le cas où D'_z peut s'annuler ou reste nul identiquement, se distingue peu du précédent; il faut ajouter seulement aux conditions indiquées plus haut pour la possibilité du problème de Dirichlet l'existence d'une solution particulière de l'équation (1) régulière dans une région du plan aussi grande qu'on le veut. Ainsi, on vérifie facilement que pour l'équation

$$(2') \qquad (1+q^2)r - 2pqs + (1+p^2)t = \sqrt{(1+p^2+q^2)^n},$$

le problème de Dirichlet n'est toujours possible que lorsque $n \leqq 2$, et pour l'équation

$$(3') \qquad (1+p^2)r + 2pqs + (1+q^2)t = \sqrt{(1+p^2+q^2)^n},$$

lorsque $n \leqq 3$, et devient, en général, impossible dans le cas contraire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale.* Note [1] de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

Je considérerai dans cette Note l'équation

$$(1) \qquad \varphi(x) - \lambda \int_0^1 A(x)\,K(x,y)\,\varphi(y)\,dy = f(x);$$

[1] Présentée dans la séance du 21 février 1910.

$A(x)$ est continue dans l'intervalle $0, 1$ sauf peut-être en un nombre fini de points où elle possède une discontinuité finie; son signe est d'ailleurs quelconque; $K(x, y)$ est une fonction symétrique, continue et *définie*, c'est-à-dire que

$$\int\int K(x, y)\, u(x)\, u(y)\, d(x, y) \geqq 0$$

pour une fonction $u(x)$ analogue à $A(x)$. Cette équation intégrale du type *équation de troisième espèce* (Hilbert) peut se résoudre par la méthode de Fredholm; je me propose de retrouver, simplement, les propriétés principales des valeurs singulières de cette équation.

Pour la théorie des équations de seconde espèce (E. Schmidt), l'orthogonalité de deux solutions singulières appartenant à deux valeurs singulières différentes joue un rôle essentiel. Dans le cas actuel, ce sera le fait pour ces solutions d'être *conjuguées* relativement au noyau, c'est-à-dire telles que

$$\int\int K(x, y)\, \varphi_p(x)\, \varphi_q(y)\, d(x, y) = 0.$$

Il résulte de la théorie de Schmidt (on peut d'ailleurs le démontrer directement) qu'une fonction φ conjuguée à elle-même est telle que

$$\int K(x, y)\, \varphi(y)\, dy \equiv 0.$$

Une telle fonction ne peut donc être solution singulière de (1). On en conclut immédiatement :

1° *Les valeurs singulières de* (1) *sont réelles ;*

2° *Les pôles d'une solution de* (1) *sont simples ;*

3° *Si* $\int_0^1 K(x, t)\, A(t)\, K(t, y)\, dt \not\equiv 0$, *l'équation* (1) *possède au moins une valeur singulière.* — Pour démontrer l'existence de cette valeur, j'emploierai la méthode de Schwarz, en m'appuyant sur une inégalité fondamentale

$$\left[\int\int K(x, y)\, \varphi(x)\, \psi(y)\, d(x, y)\right]^2$$
$$\leqq \int\int K(x, y)\, \varphi(x)\, \varphi(y)\, d(x, y) \int\int K(x, y)\, \psi(x)\, \psi(y)\, d(x, y),$$

inégalité qui s'obtient en écrivant simplement que

$$\int\int K(x, y)\, [\varphi(x) + \lambda\psi(x)]\, [\varphi(y) + \lambda\psi(y)]\, d(x, y) \geqq 0,$$

quel que soit λ.

Les *noyaux itérés* seront les fonctions

$$K_p(x, y) = \int K(x, t) A(t) K_{p-1}(t, y)\, dt,$$
$$K_1(x, y) = K(x, y);$$

toute solution singulière de (1) est solution de l'équation

$$\varphi(x) - \lambda^p \int A(x) K_p(x, y) \varphi(y)\, dy = 0, \tag{2}$$

et réciproquement à toute valeur singulière positive de l'équation (2) correspond au moins une valeur singulière pour (1). Il existe une valeur singulière positive pour le noyau $K_2(x, y)$.

En remarquant que

$$K_{2p+1}(x, y) = \int\int K(u, v) A(u) K_p(u, x) A(v) K_p(v, y)\, d(u, v),$$

on vérifie :

1° Les noyaux itérés ne peuvent être identiquement nuls à partir d'un certain rang que si le noyau

$$K_2(x, y) = \int K(x, t) A(t) K(t, y)\, dt$$

est identiquement nul. $K_{2p+1}(x, x)$, en effet, ne peut être nul que si $K_{p+1}(x, y)$ est identiquement nul;

2° Les noyaux d'indice impair, pour $x = y$, c'est-à-dire

$$K_{2p+1}(x, x),$$

sont positifs, quel que soit x, et non identiquement nuls. Parmi les constantes

$$U_n = \int K_n(x, x)\, dx,$$

celles d'indice impair sont donc positives et non nulles.

En posant $g_m = \frac{U_{2m+1}}{U_{2m-1}}$, on trouve

$$g_m \leqq g_{m+1}. \tag{3}$$

D'autre part,

$$\left\{\begin{aligned} &\int\int |K_{2m+1}(x, y)|\, d(x, y) < U_{2m+1}, \\ &\int\int |K_{p+1}(x, y)|\, d(x, y) < H\sqrt{U_{2p+1}}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

H étant une constante.

Les relations (4) permettent d'établir que

$$U_{2m+3} < CU_{2m-1},$$
$$U_{2m+1}^2 > LU_{4m+3},$$

C et L étant des constantes, et d'obtenir des limites supérieures du module de $K_{2p+1}(x, y)$ en fonction des nombres U. La démonstration s'achève aisément; g_m tend vers une limite g et $\frac{K_{2m+1}(x, y)}{g^m}$ tend uniformément vers une fonction $R(x, y)$; $A(x)R(x, y)$ est une solution singulière pour le noyau $K_2(x, y)$ correspondant à la valeur singulière $\frac{1}{g}$.

Dans le cas où $K_2(x, y)$ serait identiquement nul, on a immédiatement

$$\varphi(x) = \lambda \int A(x) K(x, y) f(y) dy,$$

et il est visible qu'il n'y a pas de valeurs singulières.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une paire de séries de Fourier conjuguées.* Note de M. **Léopold Fejér**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons le groupe des $2n$ nombres

$$\frac{1}{n}, \quad \frac{1}{n-1}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{2}, \quad 1, \quad -1, \quad -\frac{1}{2}, \quad \ldots, \quad -\frac{1}{n},$$

n étant un nombre entier positif. Formons successivement ce groupe pour les valeurs suivantes de n :

$$n = 2^{1^2}, 2^{2^2}, 2^{3^2}, 2^{4^2}, \ldots, 2^{\nu^2}, \ldots,$$

et écrivons ces groupes de nombres, l'un après l'autre, dans une seule ligne, mais après avoir divisé les nombres du $\nu^{\text{ième}}$ groupe par ν^2. Nous obtenons ainsi une suite infinie bien déterminée

$$\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \alpha_3, \quad \ldots, \quad \alpha_k, \quad \ldots.$$

Ses premiers termes sont

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}, \qquad \alpha_2 = 1, \qquad \alpha_3 = -1, \qquad \alpha_4 = -\frac{1}{2},$$
$$\alpha_5 = \frac{1}{4.2^8} = \frac{1}{1024}, \qquad \alpha_6 = \frac{1}{4(2^8-1)} = \frac{1}{1020}, \qquad \ldots.$$

J'ai démontré antérieurement [1], d'une manière simple et élémentaire :

La série

$$(1) \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \cos k\theta$$

représente la série de Fourier d'une fonction $\varphi(\theta)$ partout continue et de période 2π; cette série est divergente pour $\theta = 0$ [2].

La série (1) est donc un exemple très simple d'une série de Fourier, qui montre pour $\theta = 0$ la singularité de P. du Bois-Reymond.

Ensuite j'ai remarqué que la série conjuguée $\sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin k\theta$ représente aussi la série de Fourier d'une fonction $\psi(\theta)$ partout continue et de période 2π. Cela me permettait $\left(\text{en considérant la série de puissance } \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k z^k \text{ de la variable complexe } z\right)$ de répondre à une question posée par M. Pringsheim [3].

Depuis, en examinant de plus près la série $\sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \sin k\theta$, j'ai trouvé le résultat suivant :

La série

$$(2) \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \sin k\theta$$

représente la série de Fourier d'une fonction $\psi(\theta)$ partout continue et de période 2π; cette série est partout convergente, mais sa convergence est non uniforme dans chaque intervalle contenant la valeur $\theta = 0$ [4].

La série (2) est donc un exemple très simple d'une série de Fourier, qui montre pour le voisinage de $\theta = 0$ la singularité de M. Lebesgue.

---

(1) Voir le paragraphe 3 de mon Mémoire *Lebesgue'sche Konstanten und divergente Fourierreihen* dans le Tome 138 du *Journal de Crelle*.

(2) Pour un intervalle $\varepsilon \leqq \theta \leqq 2\pi - \varepsilon$ (où $\varepsilon > 0$), la série (1) est uniformément convergente.

(3) Voir ma Note *Ueber die Potenzreihe an der Konvergenzgrenze*, dans les *Sitzungsberichte der bayer. Akad.*

(4) Pour un intervalle $\varepsilon \leqq \theta \leqq 2\pi - \varepsilon$, (où $\varepsilon > 0$), la série (2) est uniformément convergente.

Il est intéressant à remarquer que les singularités de P. du Bois-Reymond et de M. Lebesgue se présentent respectivement pour la partie réelle et la partie imaginaire d'une *même* série de puissance à loi de coefficient simple

$$\sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k z^k, \qquad z = e^{i\theta},$$

série qui définit un élément d'une fonction analytique, partout continue pour $|z| \leqq 1$.

La démonstration des propriétés indiquées de la série (2) est très simple. Elle repose sur les remarques suivantes :

1° On a

$$\left| \frac{\sin(r+1)x}{n} + \frac{\sin(r+2)x}{n-1} + \ldots \right.$$
$$\left. + \frac{\sin(r+n)x}{1} - \frac{\sin(r+n+1)x}{1} - \ldots - \frac{\sin(r+2n)x}{n} \right| < 26,$$

pour $n =$ entier positif quelconque, $r =$ entier non négatif quelconque, $x =$ quantité réelle quelconque.

2° On a

$$|\lambda_1 \sin(r+1)x + \lambda_2 \sin(r+2)x + \ldots + \lambda_m \sin(r+m)x| \leqq \frac{2\pi L}{\varepsilon}$$

pour

$$\varepsilon \leqq x \leqq 2\pi - \varepsilon \qquad (\varepsilon > 0),$$

où $m =$ entier positif quelconque, $r =$ entier non négatif quelconque, et λ_1, λ_2, ..., λ_m désignent des nombres quelconques plus petits en valeur absolue que L, mais de signes égaux et toujours croissants ou toujours décroissants.

3° Pour

$$x = \frac{\pi}{2(r+n)},$$

on a

$$\frac{\sin(r+1)x}{n} + \frac{\sin(r+2)x}{n-1} + \ldots + \frac{\sin(r+n)x}{1} \geqq \frac{\sqrt{2}}{2} \log\left[\frac{n}{2}\right],$$

où $n =$ entier positif quelconque, $r =$ entier non négatif quelconque, $\left[\frac{n}{2}\right] =$ le plus grand entier contenu en $\frac{n}{2}$.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la façon d'évaluer la température de la vapeur surchauffée.* Note de M. **J.-B. Fournier**, présentée par M. Lippmann.

Au point de vue thermique, il existe une grande différence entre les propriétés de la vapeur saturée employée exclusivement comme force motrice dans les moteurs à vapeur jusqu'à ces dernières années et la vapeur surchauffée employée depuis quelques années seulement.

En effet, dans une chaudière, ne produisant que de la vapeur saturée, la température est rigoureusement la même en tous les points de la masse gazeuse, le refroidissement contre les parois métalliques ou en tout autre point étant constamment compensé par la chaleur de condensation que ce refroidissement provoque en ce point.

Si, au contraire, on suppose que cette même chaudière soit remplie d'une vapeur surchauffée, c'est-à-dire d'une vapeur au-dessus de son point de saturation, on doit assimiler complètement ce fluide à un gaz comprimé dans les mêmes conditions de température et de pression.

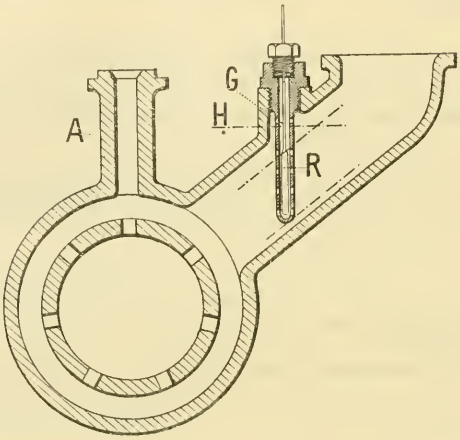
En effet la vapeur surchauffée se comporte comme un gaz proprement dit, une masse d'air, par exemple. Or on sait que l'air ainsi que les autres gaz, sauf l'hydrogène, sont très mauvais conducteurs de la chaleur et, comme tels, peuvent être considérés comme des isolants thermiques.

La température ne peut donc pas être la même aux divers points d'une enceinte contenant de la vapeur surchauffée, à moins que cette vapeur ne soit agitée constamment en tous les points de sa masse; la température de la vapeur, en contact avec la paroi, sera plus grande ou plus petite qu'au centre de l'enceinte, suivant que cette paroi sera chauffée ou exposée au refroidissement extérieur. C'est là un point très important, digne de la plus grande attention des personnes qui s'occupent de la surchauffe en général et en particulier du rendement des machines à vapeur munies d'un surchauffeur, car on peut dire que les dispositifs employés jusqu'ici pour évaluer la température de la vapeur surchauffée prouvent surabondamment que ce dernier fluide a été trop assimilé à la vapeur saturée.

Ainsi, dans les locomotives à surchauffe, le réservoir du thermomètre est contenu dans une niche A (*fig.* 1) ou A_1 (*fig.* 2), pratiquée dans un bossage placé, soit sur la conduite d'adduction de la vapeur au cylindre distributeur, soit sur ce distributeur lui-même. Or, il est facile de voir que, dans ces positions, une partie seulement du réservoir sensible ($\frac{1}{3}$ de ce réservoir) plonge dans la vapeur en mouvement et que la vapeur contenue dans la niche, dans laquelle elle séjourne et où elle est refroidie par les

parois du bossage, est à une température très différente de la température dans l'axe de la conduite d'adduction.

Fig. 1.



Dans cette position défectueuse de son réservoir, le thermomètre indique une température inférieure à la température réelle moyenne de la vapeur, la différence de ces températures pouvant atteindre 75° comme cela a été constaté sur les locomotives de l'État italien, groupe 640. Cette différence n'a pas seulement pour effet d'exposer le mécanicien à manœuvrer d'une façon intempestive les organes de sa machine, le thermomètre étant son seul guide, mais aussi de donner une appréciation inexacte du rendement.

La formule de Carnot

$$R = 1 - \frac{T'}{T - \varepsilon},$$

dans laquelle ε désigne cette différence, T et T' les températures absolues réelles de la vapeur dans le surchauffeur et à l'échappement, montre, en effet, que le rendement varie en raison inverse de ε, c'est-à-dire de la différence entre la température réelle de la vapeur et de la température lue au thermomètre.

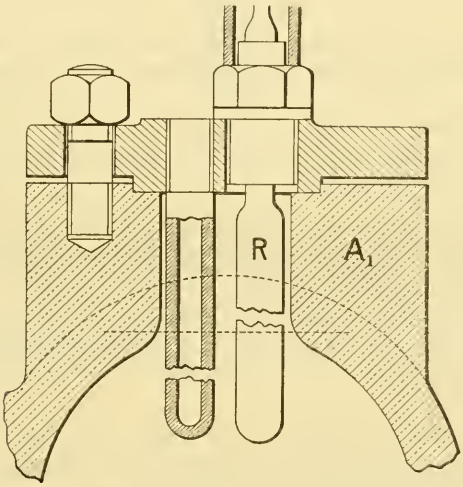
On est donc conduit à calculer un rendement trop petit.

Position normale du réservoir sensible du thermomètre. — Quel que soit

le système du thermomètre employé, qu'il soit à dilatation ou à tension de vapeur saturée, il est de toute rigueur que son réservoir plonge entièrement dans la vapeur en mouvement, de façon que celle-ci en lèche entièrement les parois.

Le réservoir du thermomètre devra donc avoir des dimensions assez petites pour qu'il soit entièrement immergé dans le tourbillon de vapeur et qu'aucun de ses points ne soit placé en dehors de la paroi de la surface cylindrique formée par la paroi interne de la conduite de vapeur.

Fig. 2.



On évitera également, autant que possible, le contact des parois de la conduite avec le réservoir.

En suivant ces prescriptions, on pourra adopter l'un ou l'autre des dispositifs suivants :

1° On pourra placer le réservoir dans la vapeur même, sans aucune enveloppe protectrice; mais, dans ce cas, il est utile de renforcer convenablement le réservoir pour lui permettre de résister à l'action corrosive bien connue de la vapeur surchauffée.

2° On pourra aussi, comme le représente le dessin figure 1, placer le réservoir sensible dans une gaine métallique (acier de préférence) le protégeant contre la corrosion, et disposé comme le représente en G la figure 1. Cette gaine, fermée par un joint

hermétique, pourra être ajourée (dispositif adopté récemment par les chemins de fer de l'État italien) ou bien non ajourée et remplie d'huile bouillant à haute température, comme la valvoline, jusqu'à un niveau H, de façon à baigner *constamment* le réservoir sensible R (dispositif adopté par les chemins de fer français, suisses, belges, russes, etc.).

Il est évident, d'ailleurs, que l'évaluation de la température ne sera rigoureuse qu'autant que la partie sensible du thermomètre sera entièrement localisée dans le réservoir : il n'y a, jusqu'à présent, que les thermomètres à tension de vapeur saturée qui réalisent cet avantage important.

PHYSIQUE. — *Bobine symétrique pour galvanomètre à cadre mobile.* Note de M. **Ch. Féry**, présentée par M. d'Arsonval.

M. Lippmann a autrefois appelé l'attention sur les inconvénients présentés par le magnétisme du cuivre pour la construction des galvanomètres très sensibles à bobine mobile.

Le cuivre chimiquement pur est diamagnétique, mais l'étirage de ce métal dans des filières en acier lui communique un magnétisme variable avec la fabrication, et qui peut être suffisant pour donner à la bobine suspendue dans le champ un couple directeur plus grand que celui du fil de torsion.

Le remède préconisé par M. Lippmann est d'employer des champs aussi uniformes que possible, et de recouvrir d'autre part la bobine d'un vernis renfermant un corps fortement diamagnétique, le bismuth par exemple, annulant très sensiblement le couple présenté par la bobine.

La solution que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui, peut-être plus facile à employer par les constructeurs, consiste à obtenir la symétrie magnétique du système suspendu par la symétrie d'enroulement du fil magnétique autour de l'axe.

L'axe de la bobine est constituée par une tige légère en aluminium portant deux petits plateaux p et p' en aluminium ou en mica.

Le fil est alors bobiné sur ce système à la façon d'un induit en tambour de dynamo, et la bobine terminée se présente comme un cylindre, dont les deux bases sont constituées par les petits plateaux p et p', et dont les génératrices sont le fil lui-même.

On conçoit que dans ces conditions le système ne soit soumis à aucun couple directeur dans un champ magnétique, puisqu'il est complètement symétrique par rapport à son axe de rotation.

Le gain de sensibilité ainsi obtenu compense largement l'augmentation

de poids et de résistance de la bobine, dus à la présence de spires dont le plan est perpendiculaire aux lignes de force.

Le couple moteur du galvanomètre se trouve diminué par cette disposition ; il est facile de voir, en intégrant l'action des diverses spires rangées sur une surface cylindrique, que le couple est dans le rapport $\frac{2}{\pi} = 0,61$, avec ce qu'il serait si ces mêmes spires étaient toutes parallèles aux lignes de force.

Ce petit inconvénient est largement compensé par les avantages indiqués au cours de cette Note.

TÉLÉMÉCANIQUE SANS FIL. — *Sur les résultats obtenus dans la torpille radio-automatique par un nouveau télécommutateur et radio-combinateur.* Note de M. G. Gabet, transmise par M. L. Cailletet.

Dans une Communication présentée à l'Académie le 7 janvier 1907, j'exposai le principe général sur lequel reposent les appareils télémécaniques actuels : principe du *retard au contact* permettant la sélection des commandes.

Les résultats pratiques que j'ai obtenus dans des nouveaux appareils basés sur ce même principe ont été pleinement vérifiés par une expérience prolongée dans la *torpille radio-automatique*. Cet engin sous-marin a effectué, dans le cours de l'été 1909, de nombreuses sorties en Seine, opérant des

virages variés et franchissant les arches des ponts malgré l'exiguïté du fleuve sillonné de trains de bateaux.

Le radio-combinateur, employé à la station d'émission, a pour but d'affranchir complètement l'opérateur du soin matériel de la manipulation hertzienne. Il porte 10 touches numérotées correspondant aux commandes à effectuer. Il suffit d'appuyer sur la touche choisie pour que la torpille opère, à distance, la manœuvre désignée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse par les courbes de miscibilité; application aux essences de térébenthine.* Note de M. **E. Louise**.

La méthode d'analyse par les courbes de miscibilité que j'ai fait connaître précédemment (1) et dont j'ai indiqué les détails d'exécution dans un Recueil spécial (2), permet de caractériser avec la plus grande facilité les essences de térébentine, ainsi que les produits servant ordinairement à leur falsification : les éthers de pétrole connus sous le nom de White Spirit et les huiles de résine. Pour cette nouvelle application, le principe de la méthode reste le même, ainsi que les définitions de *points* et de *courbes de miscibilité;* toutefois, au lieu de prendre l'acétone comme nous l'avions fait pour les huiles, nous avons dû rechercher un autre liquide capable de donner un mélange *double* avec l'essence de térébenthine, mélange qui lui-même permettrait d'obtenir des points et des courbes de miscibilité dans des limites de température où les déterminations sont pratiquement faciles à réaliser. Nous avons reconnu que l'acétone spécialement préparée, l'alcool absolu, l'aniline, donnaient, avec l'essence de térébenthine, des mélanges doubles; mais que l'aniline devait être préférée aux autres, en raison de la netteté parfaite des phénomènes permettant la détermination des différents points de miscibilité.

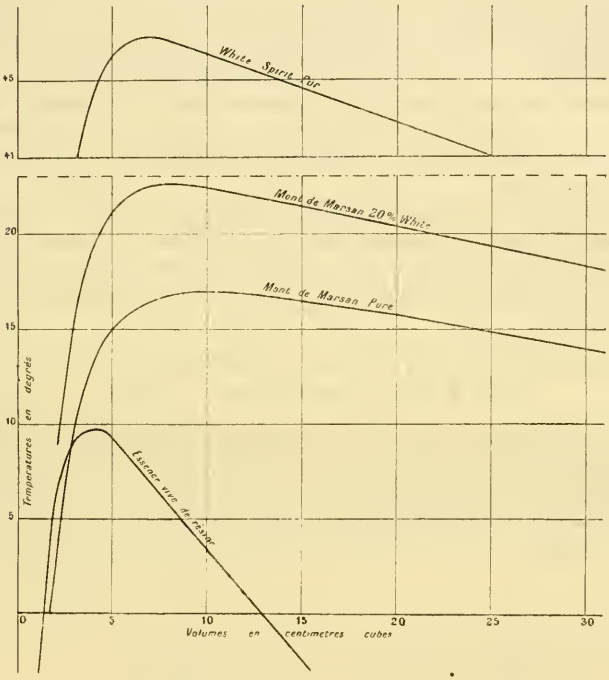
Les courbes représentées sont obtenues avec 10^{cm^3} d'aniline et des volumes variables d'essence, de White Spirit ou d'huiles de résine, bien mesurés avec une pipette graduée.

L'aniline employée avait pour point d'ébullition 182° et avait été identifiée au moyen de notre pétrole *type*, avec lequel elle donne un mélange double. Les traces

(1) *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 183; t. CXLIX, 1909, p. 284.

(2) *Annales des falsifications*, janvier 1910.

d'eau, qu'il faut éviter dans toute détermination de ce genre pour obtenir des courbes identiques avec les mêmes produits, avaient été recherchées dans les différents corps étudiés avec de l'alcoolate de baryum.



Nous avons opéré exclusivement sur les essences des Landes, de beaucoup les plus importantes au point de vue de la production française. Douze échantillons authentiques provenant de *crus* différents ont été soumis à l'expérience. Nous avons pu constater que si les courbes de miscibilité qu'ils donnent respectivement ne sont pas identiques, elles sont très rapprochées les unes des autres, parallèles entre elles et viennent se grouper au-dessus et au-dessous de l'essence de Mont-de-Marsan en s'en écartant de un degré au plus.

Quant au White Spirit, sa courbe est de forme différente et se trouve si éloignée de celle des essences qu'elle ne peut être représentée dans les limites

de la figure sans faire dans le plan du dessin une coupure permettant de diminuer les longueurs des ordonnées qui correspondent aux degrés de température.

Enfin les huiles de résine ont également une courbe de miscibilité toute spéciale située au-dessous de celles des essences et s'en écartant beaucoup.

La falsification au moyen de 20 pour 100 de White Spirit donne une courbe très éloignée de la courbe de l'essence pure, et le mélange avec 5 pour 100 se reconnaît encore fort aisément. La falsification par l'huile de résine donne également des courbes intermédiaires entre celles des deux produits mélangés.

Nous avons appliqué également cette méthode aux pétroles, alcools purs ou dénaturés, essences à parfum, corps gras butyreux ou solides, produits de graissage, huiles et baumes employés en pharmacie, etc., et aussi à la détermination des poids moléculaires dont nous avons commencé l'étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie en solutions concentrées.* Note de M. E. **Baud**, présentée par M. A. Haller.

La détermination des poids moléculaires par la cryoscopie est applicable aux solutions concentrées, si l'on a soin de faire usage d'un dissolvant non polymérisé et de prendre, comme concentration, le poids de corps dissous dans un volume constant (100^{cm^3}) *de solution*, comme dans les calculs relatifs à la pression osmotique. L'équation devient alors

$$P_m = K' \frac{p}{\Delta}.$$

P_m est le poids moléculaire du corps dissous; p le poids du corps dissous existant dans 100^{cm^3} de solution; Δ l'abaissement du point de congélation; K' une constante qui est égale à la constante donnée par Raoult, divisée par la densité du solvant pur

$$K' = \frac{K}{d}.$$

Parmi les dissolvants cryoscopiques usuels, le bibromure d'éthylène et le benzène ne sont pas sensiblement polymérisés à l'état liquide, et le nitrobenzène ne l'est que faiblement.

Je n'ai étudié, jusqu'à présent, que des solutions de liquides dans ces divers dissolvants. (Je considère comme dissolvant celui des deux liquides qui cristallise au début, par refroidissement.)

1° *Cryoscopie dans* $C^2H^4Br^2$. — Une solution de C^6H^6 à $29^g,02$ dans 100^{cm^3} de solution conduit au poids moléculaire 77 (théorie : 78). Une solution de C^6H^6 à $41^g,70$

dans 100^{cm^3} donne $P_m = 76$, tandis que le procédé de calcul employé ordinairement donnerait 103 dans ce dernier cas. Le tétrachlorure de carbone donne $P_m = 153$ à 156 pour des concentrations variant de 7^g à 108^g pour 100^{cm^3} de solution. Le sulfure de carbone donne $P_m = 78,7$ à 84,2 (concentration : 7 à 22,5) au lieu de 64. Ce corps est légèrement polymérisé, car on obtient des nombres analogues dans le benzène.

Le nitrobenzène est également un peu polymérisé et conduit aux poids moléculaires 134,9 et 136 pour les concentrations $47^g,55$ et $69^g,42$.

Le chloroforme a un poids moléculaire normal pour des concentrations allant jusqu'à 40,70.

Cryoscopie dans le benzène. — Le bibromure d'éthylène donne $P_m = 180$ à 181 (théorie : 188) pour des concentrations de $6^g,07$ à 72^g.

Le sulfure de carbone ($50^g,89$ dans 100^{cm^3}) donne $P_m = 87$.

Le bromure d'éthyle ($29^g,24$ dans 100^{cm^3}) donne $P_m = 104$ (théorie : 109).

Cryoscopie dans le nitrobenzène. — Le bibromure d'éthylène (44 à 31 pour 100) donne $P_m = 190$ à 191 (théorie : 188).

Lorsque le liquide cryoscopique est formé de molécules associées, comme c'est le cas pour l'acide acétique, il se dépolymérise plus ou moins, en se mélangeant avec l'autre liquide, de sorte que le coefficient K′ varie continuellement.

Dans ce cas, le coefficient établi pour les solutions étendues ne convient plus aux solutions concentrées.

C'est ainsi que la cryoscopie du benzène dans l'acide acétique donne des nombres trop forts. Il en est de même pour le tétrachlorure de carbone.

Il est à remarquer que le coefficient $K' = \frac{K}{d}$ varie peu pour les trois solvants faiblement polymérisés.

Ce rapport est :

Pour $C^2H^4Br^2$	54,5
» C^6H^6	56,5
» $C^6H^5NO^2$	57,9

Je poursuis ces recherches.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche de traces de méthanal en présence d'éthanal par la fuchsine bisulfitée.* Note de M. G. Denigès.

La fuchsine décolorée par l'acide sulfureux, préconisée par Schiff [1] puis Caro [2], il y a plus de 40 ans, comme réactif des aldéhydes, qui la

(1) *Zeitschrift für Chemie*, 1867, p. 175.

(2) *Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft*, t. XIII, p. 2342.

colorent en rouge, est généralement considérée comme incapable de différencier les divers termes de cette famille avec lesquels elle fournit, lorsqu'on emploie la technique ordinaire, des réactions trop voisines pour pouvoir être distinguées.

Dans le cours de recherches sur les alcools polyvalents (1), nous avons trouvé au contraire qu'en faisant varier les conditions opératoires dans la mise en œuvre du réactif, ou simplement en tenant compte de la durée de son action, on pouvait, pour quelques composés aldéhydiques importants et particulièrement pour le méthanal et l'éthanal, constater des différences très caractéristiques.

C'est ainsi que la coloration que donne le dernier de ces corps avec la fuchsine bisulfitée (volumes égaux de réactif et de solution aldéhydique suffisamment diluée) s'atténue assez vite et tend à disparaître après un certain nombre d'heures, tandis que celle qui est fournie par le méthanal croît d'intensité avec le temps et reste très stable.

Mais c'est surtout en milieu fortement acidifié par l'acide sulfurique que les différences s'accentuent et peuvent être utilisées pour rechercher des traces de formol (2), notamment en présence de quantités relativement très grandes d'aldéhyde éthylique.

Si l'on met en effet, dans un tube à essai, 5^{cm^3} d'une solution aqueuse d'éthanal ne renfermant pas plus de 2 pour 100 de ce produit par litre, si l'on ajoute $1^{cm^3},2$ d'acide sulfurique pur ($D = 1,66$) et 5^{cm^3} de fuchsine bisulfitée (3), on constate, après mélange et un contact prolongé, que le liquide n'a pas pris de coloration sensible (4). En substituant le formol à l'éthanal on observe, au contraire, la production d'une coloration violette d'autant plus intense et plus rapidement obtenue que ce composé est plus abondant.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, novembre 1909, p. 149.

(2) Nous avons fait, autrefois, une application de cette propriété à la recherche du formol dans le lait (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, année 1896).

(3) On a donné un grand nombre de formules du réactif de Schiff; celles de Gayon et de Leys sont parmi les plus recommandables. La formule que nous avons adoptée est une variante de celle de ces auteurs; elle consiste à ajouter à 1^l d'une solution de fuchsine au millième, 20^{cm^3} de bisulfite de soude à 36°-40° Baumé et, après 5 à 10 minutes de contact, à verser dans le mélange 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur ($D = 1,18$). En une heure ou deux, le réactif est suffisamment décoloré pour l'usage.

(4) L'aldéhyde du commerce, même réputée pure, renferme environ $\frac{1}{30000}$ de son poids de formol et fournit une teinte bleutée extrêmement faible quand on la traite comme il est dit plus haut.

Après un contact de 5 à 10 minutes, on peut le déceler à la dose de $\frac{1}{100}$ de milligramme et même moins, dans la prise d'essai, par une teinte violette et une bande d'absorption dans l'orangé, l'une et l'autre très visibles en faisant les observations suivant l'axe du tube. Il en est de même en présence de l'éthanal dans lequel on peut, en se conformant au mode opératoire précédemment indiqué, retrouver $\frac{1}{10000}$ de son poids de méthanal.

Applications. — I. Tous les dérivés du formol (ses acétals, tels que le méthylal, agissent comme lui) susceptibles de régénérer aisément ce produit sous l'influence de l'acide sulfurique peuvent être recherchés par cette méthode. Tel est, par exemple, l'urotropine ajoutée depuis quelque temps aux vins comme antiseptique et qu'on pourra reconnaître soit, suivant la méthode officielle, par l'essai des vapeurs de formol qu'elle dégage, mais accompagnées d'aldéhyde ordinaire, par distillation en milieu acide, avec ce très grand avantage sur le procédé ordinaire que l'éthanal ne nuit en rien à l'essai; soit directement, dans le vin, comme nous l'indiquerons ailleurs.

II. Les différents composés organiques qui, par un traitement approprié, donnent plus ou moins aisément du méthanal, sont justiciables de cette méthode. Tel est particulièrement l'alcool méthylique qui, par oxydation permanganique dans des conditions déterminées, peut être décelé directement, en présence de mille fois son poids d'alcool éthylique et à une dilution encore plus grande si l'on opère après distillation fractionnée, laquelle s'impose quand les produits alcooliques sont accompagnés de polyalcools comme la glycérine, la mannite, etc., dont les dérivés d'attaque par les permanganates, en milieu acide, agissent sur la fuchsine bisulfitée, même fortement acidulée.

Des essais comparatifs, avec des étalons, permettent même de faire des essais quantitatifs très rapides des méthylènes commerciaux et des alcools dénaturés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses effectuées avec le cyanure de benzyle.* Note de MM. **F. Bodroux** et **F. Taboury**, présentée par M. Troost.

L'amidure de sodium a été employé dans ces dernières années, par un certain nombre de savants (Franklin et Stafford, Titherley, Haller, Claisen, Haller et Bauer, Meunier et Desparmet, etc.), pour l'obtention des dérivés sodés de différents composés organiques et comme agent de condensation.

Nous avons constaté que cette substance attaque très facilement, en présence d'éther anhydre, les nitriles de formule

$$R-CH^2-CN \quad \text{et} \quad \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!CH-CN;$$

il y a dégagement d'ammoniac et formation de dérivés sodés de ces nitriles, lesquels réagissent aisément sur un grand nombre de composés appartenant

à des fonctions différentes, et sont, par suite, de commodes agents de synthèse.

La présente Note a pour but de faire connaître les résultats que nous avons obtenus en traitant par différents éthers simples de la série grasse le dérivé monosodé du cyanure de benzyle

$$R - CHNa - CN + R'X = NaX + \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>CH - CN.$$

Mode opératoire. — Dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant, on place 11^g d'amidure de sodium finement pulvérisé et 100^g d'éther anhydre, puis, au moyen d'un entonnoir à robinet, on fait tomber goutte à goutte dans le liquide 30^g de cyanure de benzyle. La réaction commence au bout de quelques instants; le liquide entre en ébullition et de l'ammoniac se dégage. Lorsque l'introduction du réactif est terminée, on chauffe pendant 15 minutes au bain-marie, puis on laisse refroidir. Le ballon contient alors une liqueur brune ou rougeâtre recouvrant un dépôt solide, qui est constitué par les impuretés de l'amidure et par une partie du dérivé sodé, facilement altérable à l'air, qui a pris naissance. On fait tomber, goutte à goutte, dans le mélange $\frac{1}{4}$ de molécule-gramme de l'éther simple choisi; une réaction extrêmement vive, accompagnée d'un dégagement d'ammoniac, se déclare; lorsqu'elle est terminée on chauffe 15 minutes au bain-marie, puis on traite la masse pâteuse obtenue par l'eau. La couche éthérée qui surnage ayant été décantée, on la lave, puis, après l'avoir desséchée sur $CaCl^2$, on chasse l'oxyde d'éthyle par distillation à la pression ordinaire et l'on rectifie ce produit de l'opération sous pression réduite.

Le dérivé cherché est ensuite purifié par distillation à la pression ordinaire; on l'obtient avec un rendement qui varie de 70 à 80 pour 100.

Nous avons ainsi préparé :

1° Avec l'iodure d'éthyle, *le phényl-2-butanenitrile*

$$\begin{array}{l} CH^3 - CH^2 - CH - CN \\ \qquad\qquad\quad\;\; | \\ \qquad\qquad\quad\;\; C^6H^5 \end{array}$$

liquide incolore, passant entre 238°-240° sous 735^{mm}. $d_{14} = 0,977$.

2° Avec le bromure de propyle, le *phényl-2-pentanenitrile*

$$\begin{array}{l} CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH - CN \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad\;\; | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad\;\; C^6H^5 \end{array}$$

liquide incolore passant entre 254°-258° sous 760^{mm}. $d_{15} = 0,960$.

3° Avec le bromure d'isopropyle, le *phényl-2-méthyl-3-butanenitrile*

$$\begin{array}{l} CH^3 - CH - CH - CN \\ \qquad\quad\;\; | \qquad\;\; | \\ \qquad\quad\;\; CH^3 \quad C^6H^5 \end{array}$$

liquide incolore bouillant entre 245°-249° sous 765^{mm}. $d_{15,5} = 0,967$.

4° Avec le bromure d'isobutyle, le *phényl-2-méthyl-4-pentanenitrile*

$$CH^3 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CH} - CH^2 - \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{CH} - CN$$

liquide incolore bouillant entre 263°-266° sous 765^{mm}. $d_{16} = 0,942$.

Ces quatre nitriles chauffés avec une dissolution bouillante de potasse (25^g) dans l'alcool à 93° (50^g), pendant 7 heures, nous ont fourni les composés suivants :

Phényl-2-butanoïque

$$CH^3 - CH^2 - \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{CH} - COOH$$

gros prismes, fusibles à 42°.

Phényl-2-pentanoïque

$$CH^3 - CH^2 - CH^2 - \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{CH} - COOH$$

prismes, fusibles à 51°.

Phényl-2-méthyl-3-butanamide

$$CH^3 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CH} - \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{CH} - CONH^2$$

aiguilles soyeuses, fusibles à 111°-112°.

Phényl-2-méthyl-4-pentanoïque

$$CH^3 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CH} - CH^2 - \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{CH} - COOH$$

prismes, fusibles à 78°-79°.

Le phényl-2-butanenitrile et le phényl-2-pentanenitrile ont été antérieurement obtenus par MM. Neure (*Liebig's Annalen*, t. CCL, p. 154) et Rossolymo (*Berichte*, t. XXII, p. 1235) en chauffant les iodures d'éthyle et de propyle avec le cyanure de benzyle en présence de la soude solide.

L'hydrolyse de ces nitriles par l'acide sulfurique a fourni à ces savants les acides correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide α-cyclogéranique.* Note [1] de M. **J. Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note d'un précédent numéro des *Comptes rendus* [1] j'ai montré que l'acide hypoiodeux naissant oxyde l'acide α-cyclogéranique en donnant : le 1.5.5-triméthyl-Δ_6-cyclohexénol-2, la cétone correspondante et divers autres composés à point d'ébullition plus élevé.

J'ai pu aussi préparer le même triméthylcyclohexénol par une méthode plus avantageuse, qui éclaire en même temps le processus des réactions précédentes et montre que, comme je l'avais supposé, le triméthylcyclohexénol est le premier terme d'oxydation de l'acide α-cyclogéranique : la triméthylcyclohexénone et les autres produits dérivant ensuite du triméthylcyclohexénol primitivement formé.

I. J'ai observé tout d'abord que l'α-cyclogéranate mercurique formé par double décomposition, en solution aqueuse, est très instable : il y a dégagement de CO^2, dépôt de mercure métallique et formation d'un liquide camphré complexe, identique à celui fourni par l'action de $I + HgO$ en solution éthérée, ou $I + CO^3Na^2$ en solution aqueuse. En présence de ces résultats, j'ai pensé que si je pouvais préserver, par éthérification par exemple, la fonction alcool du triméthylcyclohexénol, j'éviterais sa transformation en cétone et sans doute aussi la formation des autres produits à point d'ébullition plus élevé.

Je suis arrivé aisément à ce résultat par l'emploi d'une solution d'acétate mercurique dans l'acide acétique. Lorsqu'à une telle solution, chauffée au bain-marie bouillant, on ajoute peu à peu de l'acide α-cyclogéranique, on observe à chaque addition un rapide dégagement d'anhydride carbonique et une réduction du sel mercurique, qui se manifeste d'abord par un précipité miroitant d'acétate mercureux, puis, suivant la proportion du sel mercurique, par un dépôt de mercure métallique. Avec 1^{mol} d'acétate mercurique pour 1^{mol} d'acide α-cyclogéranique, il reste, à la fin de la réaction, un dépôt de mercure et une solution acétique de l'acétate du triméthylcyclohexénol cherché. Après filtration, on précipite par l'eau.

L'acétate obtenu est très pur et fournit par saponification et avec de très bons rendements le triméthylcyclohexénol.

II. Tandis que, comme on vient de le voir, l'acétate du triméthylcyclohexénol n'est pas modifié par la solution acétique d'acétate mercurique, le

---

(1) Présentée dans la séance du 21 février 1910.

(1) *Comptes rendus*, t. 150, 14 février 1910, p. 397.

triméthylcyclohexénol lui-même est rapidement oxydé à la température du bain-marie bouillant et converti en triméthylcyclohexénone correspondante. On a là un moyen excellent pour la préparation de cette cétone : l'oxydation s'arrêtant à ce terme, la réaction est plus facile à régler que lorsqu'on emploie le mélange sulfo-chromique.

Cette oxydation du triméthylcyclohexénol par les sels mercuriques explique la présence de la triméthylcyclohexénone dans les expériences faites en milieu autre que l'acide acétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Le caractère aldéhydique du composé $C^8H^{12}O^2$ dimère de l'aldéhyde crotonique étant établi [1], j'ai essayé de déterminer la structure du reste $C^7H^{11}O$. Entre autres, se posait le problème de la fonction du deuxième atome d'oxygène. Je vais résumer ces recherches.

L'oxydation de l'acide par un excès de mélange chromique a lieu presque quantitativement selon l'équation

$$C^8H^{12}O^3 + 5,5O^2 = 2CH^3.CO^2H + 4CO^2 + 2H^2O.$$

Cette réaction indique donc deux méthyles dans l'acide et, partant, dans l'aldéhyde ; elle permet de rejeter toute formule normale, telle que

$$CH^3.CH:CH.CHOH.CH^2.CH:CH.CHO,$$

ou toute autre qui en différerait par la position des doubles liaisons et de l'oxhydrile. Mais la production de l'aldéhyde dimère par 2^{mol} en C^4, aldéhyde crotonique ou aldol, laisse place, d'après les travaux de M. Lieben et de ses élèves [2], à trois autres schémas (I), (II), (III), sans que la synthèse autorise un choix catégorique :

(I) $CH^3.CH:CH.CHOH.C\begin{cases}CHO\\CH.CH^3\end{cases}$ (II) $CH^3.CH:CH.CH:C\begin{cases}CHO\\CHOH.CH^3\end{cases}$

(III) $CH^3.CHOH.CH:CH.C\begin{cases}CHO\\CH.CH^3\end{cases}$

Ces schémas s'accordent peu avec la stabilité de l'acide correspondant $C^8H^{12}O^3$ qui distille sans altération ; d'autre part, les tentatives de caractérisation d'un oxhydrile dans l'aldéhyde ou l'acide ayant échoué, j'ai pensé que le deuxième atome d'oxygène était oxydique.

---

(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 394.

(2) Ad. Lieben, *Monatsh. f. Chemie*, t. XXII, 1901, p. 289.

Quatre schémas cycliques (IV), (V), (VI), (VII) sont alors possibles, qui dérivent aisément des schémas (II) et (III) par le jeu de l'hydroxyle comblant une double liaison en 1-4; ce sont :

$$\text{(IV)}\quad \begin{array}{l} CH^2 - CH = C.CHO \\ \quad | \qquad\qquad\quad | \\ CH^3.CH - O - CH.CH^3 \end{array} \qquad \text{(V)}\quad \begin{array}{l} CH = C.CHO \\ \quad | \qquad\qquad\quad | \\ CH^3.CH^2.CH - O - CH.CH^3 \end{array}$$

$$\text{(VI)}\quad \begin{array}{l} CH = CH - CH.CHO \\ \quad | \qquad\qquad\quad | \\ CH^3.CH - O - CH.CH^3 \end{array} \qquad \text{(VII)}\quad \begin{array}{l} CH = CH \\ \quad | \qquad\qquad\quad | \\ CH^3.CH - O - C\begin{cases} CHO \\ CH^2.CH^3 \end{cases} \end{array}$$

On notera que le schéma (IV) résulte encore de l'élimination d'eau dans le produit de crotonisation de l'aldol $CH^3.CHOH.CH^2.CH : C(CHO).CHOH.CH^3$, qui est dihydroxylé en 1-5.

De ces formules, je m'autorise à rejeter les pentagonales (V) et (VII), parce que l'oxydation fournit de l'acide acétique sans acide propionique. La formule (IV) semble, à son tour, préférable à la formule (VI), parce que l'acide correspondant ne donne pas de lactone iodée si on le soumet aux réactions indiquées par M. Bougault [1] et que la formation des lactones iodées est caractéristique des acides éthyléniques en β-γ, comme dans le schéma (VI). La fixation de Br.OH sur une liaison α-β, comme en (IV), est au contraire très plausible; et la mobilité du brome constatée dans l'acide hydroxybromé obtenu se comprend parfaitement si ce brome est en α sur un carbone tertiaire.

J'ai alors essayé de démontrer indirectement que l'oxygène du résidu $C^7H^{11}O$ était indifférent, en transformant la fonction aldéhydique en fonction alcool par l'intermédiaire des composés organomagnésiens.

L'aldéhyde même, traité par $C^2H^5.MgI$, a fourni un alcool $C^7H^{11}O.CHOH.CH^2.CH^3$ à odeur menthée grossière, dont l'éther acétique s'est montré monoacétylé; si le second atome d'oxygène eût été alcoolique, on aurait dû avoir une diacétine. De plus, j'ai obtenu l'oxycarbure $C^7H^{11}O.CH : CH.CH^3$ et il s'est montré réfractaire à l'acétylation; c'est un liquide incolore, mobile, d'odeur menthée et anisée, de saveur sucrée comme celle de l'essence d'anis; $d_4^0 = 0,92061$; $d_4^{17} = 0,90669$; $N_{20}^D = 1,48567$; éb. : 82°-84° sous 18^{mm}.

L'éther éthylique de l'acide a conduit par l'action de C^2H^5MgI à un composé $C^{12}H^{22}O^2$, correspondant bien à la formule attendue $C^7H^{11}O.C(OH)(C^2H^5)^2$, mais ce composé n'a pu être ni acétylé, ni déshydraté; il possède une odeur d'acétal de pinacone, une saveur brûlante et amère d'abord, puis fraîche et menthée; $d_4^0 = 0,9731$; $d_4^{18} = 0,9598$; $N_D^{20} = 1,46291$; éb. : 260° sous 760^{mm}; 151°-154° sous 19^{mm}.

---

[1] J. Bougault, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 864; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIV, 1908, p. 145.

La réfractométrie de l'aldéhyde, de l'éther éthylique, de l'acide, de l'oxycarbure et du présumé alcool tertiaire a fourni les résultats suivants pour la raie D :

Substance.	RM_D observé.	Calculée pour les formules cycliques.	Calculée pour les formules acycliques.
$C^7H^{11}O.CHO$	40,10	38,30	39,84
$C^7H^{11}O.CO^2.C^2H^5$	49,78	49,19	50,73
$C^7H^{11}O.CH:CH.CH^3$	48,27	46,92	48,47
$C^{12}H^{22}O^2$	56,95	58,05	59,59

Au premier abord, en ce qui concerne l'aldéhyde, il semble que la détermination réfractométrique soit en faveur des formules acycliques. Mais c'est une apparence insoutenable; en effet, l'attention a été attirée déjà sur les anomalies que présentent les composés à doubles liaisons conjuguées, y compris celles des systèmes $= C : CH . CH : O$, et l'on sait qu'elles apportent un excès notable de réfraction [1] : 0,7 à 1,9 pour $C : CH . CH : C$; 0,44 (acroléine) à 4,13 (ald. cinnamique) pour $= C : CH . CH : O$. J'ai trouvé pour la réfraction non encore mesurée de l'aldéhyde crotonique : $N_D^{10} = 1,44361$, d'où $RM_D = 21,55$, alors que le calcul indique 20,30, soit un excès de 1,25. Donc, pour les schémas acycliques, ce n'est pas 39,84 qu'il faut prendre, mais des nombres fort supérieurs, puisqu'il faudrait y comprendre à la fois deux causes d'exaltation de la réfraction. Il est infiniment plus simple d'admettre le schéma cyclique (IV) résultant des recherches chimiques, en disant que la double liaison en α-β de la fonction aldéhydique apporte un supplément de réfraction de 1,8.

L'excès 0,59, observé pour l'éther avec formule cyclique, est du même ordre que pour le crotonate d'éthyle (excès de 0,75), alors que les formules acycliques pèchent déjà par excès sur l'observation, avant qu'on fasse entrer en ligne de compte les doubles liaisons conjuguées; ces formules acycliques sont alors franchement inadmissibles. Il en serait de même pour l'oxycarbure $C^{10}H^{16}O$.

Le présumé alcool tertiaire n'est probablement qu'un double éther-oxyde résultant de la disparition de la dernière double liaison par action de l'oxhydrile tertiaire; d'où son indifférence et sa stabilité. On aurait alors $RM_D = 56,50$.

Ces déductions, conformes aux dernières règles de la réfractométrie, appuient donc, elles aussi, les formules cycliques, notamment la formule (IV).

---

[1] Voir notamment J.-W. Brühl, *D. chem. G.*, t. XL, 1907, p. 878.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthoxybenzoylacétates de méthyle.* Note de MM. **A. Wahl** et **C. Silberzweig**, présentée par M. A. Haller.

Tandis que l'éther benzoylacétique a fait l'objet de très nombreuses recherches et peut être compté parmi les composés organiques les mieux connus, ses dérivés de substitution dans le noyau phénylique sont beaucoup moins bien étudiés.

En particulier, on n'a décrit jusqu'ici que deux méthoxybenzoylacétates d'éthyle. L'un obtenu par Tahara (*D. chem. Gesell.*, t. XXV, p. 1307) en condensant, d'après Claisen, l'orthométhoxybenzoate et l'acétate d'éthyle sous l'influence du sodium, est un liquide que la distillation dans le vide décompose; son isomère para a été préparé en traitant, par l'ammoniaque, l'anisoylacétylacétate d'éthyle, il est décrit comme bouillant à 140°-142° sous 10^{mm} (Schoonjans, *Rec. Travaux ch. des Pays-Bas*, t. XVII, p. 238).

L'un de nous a déjà eu l'occasion de remarquer que le véritable anisoylacétate d'éthyle bout vers 190° sous 10^{mm}-12^{mm}, en se décomposant en majeure partie (Wahl, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 352) et que, par suite, le produit de M. Schoonjans devait être surtout constitué par de l'anisate d'éthyle dont il possède le point d'ébullition [1].

Désirant reprendre l'étude de ces éthers β-cétoniques, nous nous sommes adressés, non plus aux éthers éthyliques que la distillation dans le vide décompose, mais aux éthers méthyliques, pensant qu'ils pourraient être plus facilement purifiés. En effet, les méthoxybenzoylacétates de méthyle distillent parfaitement sous pression réduite, et l'anisoylacétate cristallise.

Préparation. — Nous avons préparé ces composés par la méthode de Claisen (condensation de l'acétate de méthyle avec les méthoxybenzoates par le sodium),

$$\begin{aligned}&(CH^3O)C^6H^4-COOCH^3+CH^3-COOCH^3\\&=(CH^3O).COH^4-CO-CH^2-COOCH^3+CH^3O\end{aligned}$$

en adoptant le mode opératoire indiqué par l'un de nous dans le cas des éthers benzoylacétiques (*Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 72). Lorsque la réaction est terminée on décompose comme habituellement par HCl, reprend par l'éther, lave au carbonate de sodium, sèche et chasse l'éther au bain-marie. Suivant l'éther β-cétonique dont il s'agit, nous avons trouvé qu'il est préférable de modifier la suite des traitements ultérieurs.

---

[1] M. Schoonjans n'a analysé aucun des produits qu'il a préparés; il indique comme densité de l'anisoylacétate d'éthyle $d_{19°}=1,03$. Nous avons trouvé $d_{19°}=1,160$.

Dans le cas des éthers méta- et paraméthoxylés, on élimine l'excès de méthoxybenzoate qui n'a pas réagi, par distillation dans le vide en ne dépassant pas 140°-150° sous 10^{mm} et l'on transforme le résidu en sel de cuivre. Pour cela, on l'agite dans un grand flacon avec une solution aqueuse d'acétate de cuivre, en ajoutant peu à peu une solution concentrée de carbonate de potassium pour neutraliser l'acide acétique mis en liberté, puis de l'alcool méthylique jusqu'à ce que le liquide soit homogène. Les sels de cuivre à peu près insolubles dans ce milieu se précipitent à l'état cristallisé; ils sont essorés et lavés à l'alcool bouillant. Leur décomposition, par un acide minéral étendu, fournit les éthers cétoniques qui peuvent encore être purifiés par distillation dans le vide. Dans le cas de l'éther orthométhoxylé, la formation du sel de cuivre est moins facile, sans doute par suite de la transformation qu'il subit et dont il sera question plus loin; on isole l'éther β-cétonique en agitant le produit avec de la soude étendue (5 pour 100) et acidifiant la solution alcaline.

Orthométhoxybenzoylacétate de méthyle. — C'est un liquide légèrement ambré, bouillant à 179°-180° sous 15^{mm}, en se décomposant très faiblement avec formation d'*acide o-méthoxybenzoyldéhydracétique* en cristaux jaunes fondant à 214°-215°. Son *sel de cuivre* forme des cristaux verts de composition $Cu(C^{10}H^{11}O^4)$ fondant à 170°-172°. Ce sel normal subit une curieuse transformation quand on le fait bouillir avec de l'alcool méthylique; il se dépose des cristaux bleus dont la composition est très différente et répond à la formule $CuOCH^3(C^{11}H^{11}O^4)$ d'un sel basique.

Une réaction tout à fait analogue a déjà été constatée par M. Wislicenus dans le cas de l'acétylacétate et du benzoylacétate d'éthyle (*D. chem. Gesell.*, t. XXXI, p. 3157). En adoptant l'explication qu'il en a donnée, cette transformation est représentée par l'équation

$$(CH^3O)C^6H^4-\underset{\substack{|\\ O\\ O}}{C}\!\!\begin{matrix}\diagup\\ \diagdown\end{matrix}\!\!Cu=CH-COOCH^3$$

$$(CH^3O)C^6H^4-\underset{\text{Sel vert.}}{\overset{|}{C}=CH-COOCH^3}$$

$$=(CH^3O)-C^6H^4-\underset{\text{Sel bleu.}}{\underset{\substack{|\\ O-CuOCH^3}}{C}=CH-COOCH^3}+C^{11}H^{12}O^4.$$

Il est remarquable que les sels de cuivre des deux isomères méta et para ne nous aient pas donné de réaction semblable.

Nous avons de plus caractérisé l'éther β-cétonique par les dérivés suivants : le *dérivé nitrosé*, cristaux blancs fondant à 145°-147°; *o-méthoxyphényl-phénylpyrazolone* fondant à 133°-134°; *o-méthoxyphényl-p-nitrophénylpyrazolone* fondant à 217°-218°; *benzèneazométhoxybenzoylacétate de méthyle* fondant à 138°-139°.

Métaméthoxybenzoylacétate de méthyle. — Liquide ambré bouillant à 180° sous 14^{mm} avec une légère décomposition qui fournit l'acide *métaméthoxybenzoyldéhydracétique* en cristaux jaunes fondant à 185°. Son *sel de cuivre* forme des cristaux verts fondant à 172°-173°; son *dérivé nitrosé* fond à 115°-116°. La *métaméthoxyphénylphénylpyrazolone* fond à 124°. Le *benzèneazométaméthoxybenzoylacétate de méthyle* fond à 72°-73°.

Anisoylacétate de méthyle forme des cristaux légèrement jaunes fondant à 27°-28°, bouillant à 190°-192° sous 10^{mm}, en laissant un faible résidu d'*acide anisoyldéhydracétique* fondant à 190°. Son *sel de cuivre* fond à 248°-250°. Le *dérivé nitrosé* fond à 154°. La *paraméthoxyphénylphénylpyrazolone* fond à 136°-137°. Le *benzèneazoanisoylacétate de méthyle* fond à 121°-122°. Ce composé fournit un *dérivé acétylé* en cristaux blancs fondant à 111°-113° dont la réduction ménagée donne de l'acétanilide. Il semble donc bien posséder la constitution

$$CH^3O - C^6H^4 - CO - \underset{\underset{N}{\|}}{C} - COOCH^3$$
$$N - N \begin{cases} C^6H^5 \\ COCH^3 \end{cases}$$

d'une acétylhydrazone.

Les trois éthers β-cétoniques se dédoublent sous l'influence des acides étendus et bouillants en donnant les méthoxyacétophénones correspondantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau composé contenu dans les produits alimentaires.* Note (¹) de M. A. **Backe**, présentée par M. L. Maquenne.

Au mois de novembre dernier la douane de Rio de Janeiro signalait la présence de l'acide salicylique dans une farine lactée qui certainement en était exempte. Recherchant la cause de cette erreur, j'ai montré qu'il se forme dans la cuisson des différentes sortes de pains ou biscuits un corps qui donne des réactions très voisines de celles de l'acide salicylique (²). Cette étude, qui intéresse hautement la recherche des fraudes, a été continuée à Rio de Janeiro avec la collaboration du Dr Henninger.

Les principales différences entre l'acide salicylique et le nouveau corps sont les suivantes : la coloration que donne le perchlorure de fer avec

(¹) Présentée dans la séance du 21 février 1910.

(²) *Annales des falsifications*, novembre 1909.

l'acide salicylique est violet pur; avec le nouveau corps elle est rouge si l'on emploie seulement très peu de réactif et ne devient violette que si l'on en ajoute davantage.

Avec l'acide salicylique la réaction n'a lieu qu'en liqueur neutre; au cas du nouveau corps elle se produit même en milieu fortement acide. La réaction de Jorrisen, très sensible pour l'acide salicylique, est négative avec le nouveau corps; la réaction de Zipper est différente; enfin le nouveau corps est détruit par une cuisson prolongée avec une solution de soude, qui n'altère pas l'acide salicylique.

Il ne se présente donc aucune difficulté sérieuse pour faire la distinction certaine des deux substances ; il faut d'ailleurs reconnaître que les cas où l'on peut commettre une semblable confusion étaient jusqu'ici fort rares : le maltol, signalé par Brandt dans la bière, était une exception. Nous venons d'en faire connaître une autre bien plus importante, puisqu'elle touche à un grand nombre de produits alimentaires.

J'ai reconnu la présence de ce composé dans différentes sortes de biscuits fabriqués par simple cuisson de farine de blé en pâte, puis sur la croûte de pain. Plusieurs chimistes de Rio qui, à la suite de mes Communications, se sont occupés de cette affaire, l'ont ensuite trouvé dans le café, le cacao torréfiés, etc.

Pour déceler ce corps, on peut l'extraire par le chloroforme ou l'éther, puis faire la réaction du perchlorure sur l'extrait; mais, comme il n'existe jamais qu'en quantités minimes, il est plus sûr de distiller la substance dans un courant de vapeur d'eau, après l'avoir acidulée par l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique ; on épuise ensuite le distillat par l'éther ou le chloroforme. Dans tous les cas, nous ne parlerons, dans ce qui suit, que de la réaction au perchlorure de fer.

La farine de blé chauffée sans eau, à des températures de 120°, 130°, 140° et 150°, ne donne rien. La même, travaillée en pâte, puis chauffée 2 heures à 120° : très faible réaction. A 130° : faible réaction. A 140° : assez forte réaction. A 150° : très forte réaction. Or c'est à la température de 150° que la croûte du pain ordinaire devient brunâtre.

Pour éclaircir le rôle que peut jouer l'eau ici, nous avons chauffé la farine sèche à 150°, puis nous l'avons transformée en pâte et cuite pendant 2 heures à 150°, comme dans l'essai précédent : trace de réaction seulement, due sans doute à ce que la farine chauffée à sec renfermait encore une petite quantité d'eau hygrométrique.

Ceci montre qu'il s'agit d'une action diastasique ; nous avons alors traité

la farine stérilisée par une infusion de malt. La pâte, maintenue pendant 2 heures à 150°, a donné une réaction très forte. La solution de malt, séchée seule avec une matière inerte, puis grillée, ne donnait d'ailleurs absolument rien. La même étude a été poursuivie avec l'amidon et différents sucres.

Amidon sec chauffé à 150° : rien. Amidon en pâte, chauffé à 150° : rien. Amidon traité par l'extrait de malt et chauffé à 150° : très forte réaction. Amidon traité par une solution de diastase (de Merck), puis chauffé à 150° : rien.

Ce dernier fait est bien intéressant, car il démontre que ce n'est pas la diastase ordinaire (amylase) qui agit, mais bien un enzyme spécial, présent à la fois dans la farine et dans le malt. Ajoutons qu'avec la farine aussi bien qu'avec l'amidon, il ne se fait jamais rien sans grillage, qu'on ait ou non ajouté du malt.

Le Dr Henninger, à Rio, a obtenu la réaction avec le sucre de canne, distillé en présence d'un acide minéral. Comme le lévulose agit de même, mais non le glucose, il croyait à une relation étroite entre le nouveau corps et les cétoses; je reviendrai sur ce point. En fait, aucun sucre, sauf les deux mentionnés ci-dessus, ne donne la réaction après distillation en liqueur acide. Il n'en est pas de même si on les caramélise; les expériences suivantes ont été faites en chauffant les matières en vase clos avec de l'eau à 150°.

Amidon : rien. Dextrine, avec ou sans eau : réaction faible ou nulle. Glucose : faible réaction. Saccharose : forte réaction. Maltose cristallisé de Merck : forte réaction (rien avant chauffage). Il est clair qu'avec certains sucres la transformation se fait plus aisément qu'avec d'autres, et la différence entre le glucose et le maltose peut tenir à ce que ce dernier, obtenu à l'aide du malt, retient des impuretés dont on ne peut le dégager.

La distillation avec acide (sulfurique ou phosphorique) produit le même effet que la caramélisation, et cet effet augmente d'intensité quand on accroît la proportion d'acide; cette méthode, excellente pour préparer le nouveau corps, ne peut donc servir à l'étude d'un produit alimentaire, puisqu'elle le fait apparaître là où il n'existait pas.

En résumé, ce corps se forme par l'action de la chaleur (caramélisation) sur certains sucres et les matières amylacées, seulement lorsque ces matières ont au préalable subi l'influence d'un enzyme très répandu dans les végétaux (céréales, cafés, etc.), mais différent de l'amylase.

Quelle est sa nature? On pourrait croire qu'il s'agit du composé découvert par Brandt dans le malt torréfié et étudié ultérieurement par Kiliani et Barlen sous le nom de *maltol*. Après en avoir péniblement isolé environ

$0^g,5$ à l'état sensiblement pur et cristallisé, nous avons pu faire la comparaison.

Le nouveau corps ressemble au maltol sans lui être identique; les réactions colorées sont les mêmes et sans doute les deux composés appartiennent à la même famille; tous les deux se subliment en beaux cristaux et possèdent une réaction acide, mais les formes cristallines sont très différentes, ainsi que les points de fusion : 159° pour le maltol et 95° pour le corps extrait de la poudre de biscuit; celui-ci est d'ailleurs beaucoup plus volatil que le maltol et ne brunit pas à l'air comme ce dernier. J'ajouterai que parfois les cristaux du nouveau corps en renferment quelques-uns qui sont identiques à ceux du maltol; les deux composés peuvent donc se produire simultanément. Leur étude sera poursuivie.

BOTANIQUE. — *Sur un nouveau groupe de Champignons pathogènes, agents des Sporotrichoses.* Note de M. **Louis Matruchot**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le genre *Sporotrichum*, créé par Link en 1809, comprend tous les *Fungi imperfecti* dont les filaments sporifères, cloisonnés et ramifiés, sont couchés ou légèrement ascendants, et dont les spores, toutes semblables et non cloisonnées, naissent solitaires à l'extrémité ou sur le flanc des rameaux.

Un champignon pathogène, isolé, en 1903, par de Beurmann et Ramond de nodosités sous-cutanées chez l'homme, présente tous les caractères généraux des *Sporotrichum;* je l'ai fait rentrer dans ce genre et nous l'avons décrit, Ramond et moi, sous le nom de *Sporotrichum Beurmanni* (¹).

Depuis cette époque, de nombreuses observations cliniques nouvelles ont montré la grande fréquence de ces mycoses, dites aujourd'hui *Sporotrichoses,* dont l'agent est un *Sporotrichum* identique ou analogue au *S. Beurmanni;* à l'heure actuelle, plus d'une centaine de cas ont été observés, et il n'est pas douteux qu'avant les travaux de De Beurmann et de ses élèves, les Sporotrichoses étaient aussi fréquentes qu'aujourd'hui, mais avaient été méconnues. On les prenait pour des affections tuberculeuses ou syphilitiques : ce sont, en réalité, des maladies bénignes qu'un traitement par ingestion d'iodure de potassium guérit en quelques semaines.

Depuis 1905, d'assez nombreux échantillons de parasites m'ont été communiqués, grâce auxquels j'ai pu étendre les notions botaniques relatives à cet intéressant groupe de champignons pathogènes.

(¹) Matruchot et Ramond, *Un type nouveau de champignon pathogène chez l'homme* (*Bull. de la Soc. de Biologie*, t. LIX, 4 nov. 1905, p. 379).

D'une façon générale, on peut reconnaître, dans les agents des Sporotrichoses actuellement connus, trois types différents :

I. Le premier est le type *Sporotrichum Beurmanni*. Sous ses modalités diverses, il présente toujours les mêmes caractères botaniques fondamentaux que nous avons déjà décrits (*loc. cit.*). La fructification se fait normalement sur les parties aériennes de la culture, mais les filaments sporifères sont couchés, non dressés. Sur un mycélium incolore, les spores, d'abord blanches, puis brunâtres, naissent isolément et sans ordre apparent, en nombre variable, mais généralement très grand pour chaque article du thalle. Exceptionnellement, sur de courts et minces rameaux latéraux qui semblent être des stérigmates plus développés, peuvent naître, côte à côte et successivement, 2-5 spores, disposées dès lors à maturité en petit bouquet; mais cette exception apparente n'infirme pas la règle, qui est que les spores sont solitaires et naissent isolément.

La spore encore insérée sur le filament est généralement piriforme. Tantôt elle se prolonge insensiblement par un pédicule qui aboutit à un stérigmate très fin : elle est alors nettement pédicellée. Tantôt, tout en gardant la forme en poire, elle est fixée directement sur le mycélium, sans interposition de stérigmate. Tantôt enfin, elle a une base plus ou moins élargie par laquelle elle s'insère sur le mycélium. Dans ces deux derniers cas, elle est parfaitement sessile.

II. Un deuxième type est le *Sporotrichum Schencki*. Ce dernier parasite a été observé en Amérique. Isolé en 1898 d'abcès sous-cutanés par Schenck, retrouvé et étudié en 1900 par Hektoen et Perkins, il fut soumis au mycologue Erwin F. Smith qui, après examen de son identité possible avec des *Botrytis*, *Sporotrichum* et *Trichosporium*, conclut à la parenté probable avec les *Sporotrichum*.

Une culture authentique de ce *S. Schencki* (1) m'a permis de constater les affinités réelles de ce champignon avec le *S. Beurmanni*, mais aussi les différences qui les séparent. La culture était restée indéfiniment incolore; toutefois, à la suite de repiquages, un pigment brunâtre est apparu sur des portions aériennes de mycélium agrégé. Les spores, toujours incolores et semblables entre elles, présentent une disposition différente suivant les régions de la culture.

Dans les parties fertiles aériennes, où la fructification se fait normalement, se forment de petits bouquets de spores nées isolément et successivement. En même temps ou peu après, apparaissent sur les cellules sous-jacentes de nouvelles spores, disposées en bouquets ou non. Ce mode de fructification rentre tout à fait dans le type *Sporotrichum*.

Mais dans les parties profondes et humides de la culture, le processus de formation des bouquets de spores subit une modification singulière qui conduit à un type aberrant de fructification. L'extrémité du filament sporifère, au lieu de former une spore nouvelle à côté de la spore dernier-née, la forme au-dessous et sur le flanc de celle-ci; ce processus se répétant plusieurs fois, il en résulte que les spores peuvent apparaître disposées en files irrégulières, à développement centripète. Cette formation

---

(1) Cette culture m'a été obligeamment communiquée par MM. de Beurmann et Gougerot.

se régularisant, on peut même observer de véritables chapelets de 5, 6 et 8 spores en file régulière.

III. Enfin, j'ai reconnu un troisième type de *Sporotrichum* dans un échantillon qui m'a été fourni par MM. de Beurmann et Gougerot. Il avait été extrait d'une gomme assez profonde, développée dans les muscles de la jambe d'un malade.

Je le considère comme une variété stable du *S. Beurmanni* et le dénomme *S. Gougeroti*.

Les cultures poussent d'emblée noires; les filaments ont la membrane précocement et fortement cutinisée. Les fructifications aériennes présentent ce grand intérêt d'offrir un intermédiaire entre celles du *Sporotrichum Beurmanni* et celles du *S. Schencki*. Sur certains filaments à fructification maigre, la disposition des spores est en petits bouquets latéraux de 2-3 spores, rappelant ceux qu'on trouve si fréquemment dans dans le *S. Schencki*. Sur d'autres filaments, on observe, au contraire, la fructification en *Sporotrichum* type, qui est celle du *S. Beurmanni*.

En outre, le *S. Gougeroti* présente une remarquable abondance de formes bourgeonnantes. Les spores, détachées et tombées sur les parties humides de la culture, y germent en donnant un court mycélium sur lequel naissent, soit latéralement, soit à l'extrémité, des spores secondaires; il y a là une sorte de bourgeonnement en conidies-levures qui nous paraît assez caractéristique du *S. Gougeroti*.

Outre l'intérêt particulier qu'il présente par ses formes bourgeonnantes et par son type intermédiaire entre les *Sporotrichum Beurmanni* et *S. Schencki*, le *S. Gougeroti* nous fait voir que la pigmentation du mycélium est un caractère d'importance très secondaire dans l'étude des agents des Sporotrichoses et ne doit entrer en ligne de compte que bien après les caractères morphologiques tirés du mode de fructification.

Ces derniers caractères m'ont permis de reconnaître et de déterminer, dans le petit groupe des Champignons qui produisent les Sporotrichoses, trois types assez différents pour constituer trois espèces distinctes, dont l'une est intermédiaire par ses caractères entre les deux autres. Notons enfin qu'il y a entre ces divers Champignons des affinités morphologiques réelles, qui en font un petit groupe naturel, et ceci s'accorde bien avec ce qu'on sait d'eux au point de vue physiologique et pathologique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le développement d'une plante bulbeuse. Variations du poids de la matière sèche.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Arm. Gautier.

On sait que certains bulbes, ceux de l'oignon commun par exemple, lorsqu'ils ne sont pas arrivés à maturité au bout de la première année de

végétation, continuent à se développer et à grossir quand on les repique en terre au printemps de l'année suivante. C'est là un procédé très fréquemment employé pour obtenir de gros oignons. Ceux-ci, à l'époque où on les enlève du sol, ont parfois des dimensions considérables et ne portent pas de tiges florales, au moins la plupart du temps. Placés de nouveau dans la terre au printemps suivant, ils se vident peu à peu en fournissant une tige qui porte des fleurs, puis des graines.

En poursuivant les études que j'ai consacrées depuis plusieurs années déjà aux phénomènes généraux de la germination, il m'est arrivé d'observer les faits suivants : des bulbes d'oignon, de dimension moyenne, confiés au mois d'avril à une bonne terre franche, riche en éléments nutritifs, non seulement ne se sont pas épuisés au cours de leur développement, mais à mesure qu'ils grossissaient et que le poids de leur matière sèche augmentait, une tige apparaissait bientôt qui portait des fleurs et des fruits. En sorte que, le bulbe initial, s'il diminue légèrement de poids dans les premiers temps de son évolution pour subvenir, partiellement, à la nutrition de la portion aérienne du végétal, récupère bientôt, par suite de l'exercice de la fonction d'assimilation de cette portion aérienne, les matières qu'il lui avait d'abord abandonnées. A l'époque de la maturité des graines, le poids de ce bulbe (et parfois double bulbe) avait presque quadruplé. Ainsi, la partie aérienne de la plante a fourni à la fois des matériaux à la partie souterraine, c'est-à-dire au bulbe, pendant que, d'autre part, se poursuivait le travail de formation et de maturation des graines.

C'est ce phénomène particulier de nutrition que j'ai étudié au point de vue des variations de poids que subissent la matière sèche, l'azote, les cendres totales et leurs éléments, aussi bien chez la partie aérienne que chez la partie souterraine de l'oignon. Ce phénomène n'est pas absolument rare ; on voit même parfois, lorsqu'un oignon se vide pour former une tige florale, des bulbes de *remplacement* se développer au voisinage du bulbe flétri et acquérir des dimensions qui peuvent être supérieures à celles de ce dernier. Dans le cas qui fait l'objet de cette Note, tous les oignons se sont comportés de même façon ; aucun d'eux ne s'est vidé ; ils ont continué à grossir régulièrement, malgré l'apparition des fleurs et des fruits. J'estime que l'on peut mettre en grande partie ce résultat sur le compte de la qualité du sol dans lequel ont évolué les plantes.

1. J'ai opéré sur un lot de 80 oignons de même espèce, présentant chacun, à très peu près, le même poids initial. Leur plantation a eu lieu le 13 avril 1909, et j'ai prélevé pour l'analyse, aux dates des 27 mai, 24 juin, 26 juillet, 3 septembre, chaque

fois 20 oignons. Cette analyse a porté sur la portion aérienne et sur la portion souterraine de la plante séparée de la précédente au niveau supérieur du bulbe. Voici le Tableau des résultats obtenus, rapportés à 100 oignons et à 100 plantes complètes :

		Poids de matière fraîche.	Poids de matière séchée à 110°.	Cendres totales.	Matière sèche moins les cendres.	Eau dans 100 parties de matière fraîche.
		g	g	g	g	
État initial (13 avril), 100 oignons.....		1255	147,086	10,1048	136,9812	88,28
I. 27 mai.	Partie aérienne.....	4808	315,500	40,7310	271,7690	93,44
	Partie souterraine....	1750,5	127,500	17,4290	110,0710	92,72
II. 24 juin.	Partie aérienne.....	12494	860,880	83,6777	777,2023	93,11
	Partie souterraine....	4894	474,740	33,4689	441,2711	90,30
III. 26 juillet (floraison).	Partie aérienne.....	13356	1064,490	98,8944	965,5956	92,03
	Partie souterraine....	5321	576,25	46,4460	529,8040	89,17
IV. 3 septembre (fructification).	Partie aérienne.....	11189	994,77	108,8022	885,9678	91,11
	Partie souterraine....	5040	517,46	44,1912	473,2688	89,74

II. Je me bornerai à présenter aujourd'hui quelques remarques générales concernant principalement les variations du poids de la matière sèche et celles de l'eau aux différentes périodes de la végétation.

Le 26 juillet, au moment de la floraison, les poids de la matière fraîche et de la matière sèche (cendres déduites) ont atteint leur maximum, aussi bien dans la partie aérienne que dans la partie souterraine. Le 3 septembre, à l'époque de la fructification, ces deux poids ont légèrement diminué. Or comme la fonction chlorophyllienne se ralentit beaucoup en fin de végétation, on peut mettre cette perte de poids de la matière sèche sur le compte des phénomènes respiratoires. Cependant, la proportion centésimale de l'eau demeure très élevée pendant toute la durée de la végétation, tant chez les organes aériens que chez les organes souterrains. Lorsque la tige porte des fruits mûrs (3 septembre), la proportion centésimale de l'eau qu'elle contient est absolument comparable à celle que présente cette même tige lorsque la végétation est à son maximum d'activité. Il en est de même de la portion souterraine du végétal, ce qui indique qu'il existe encore à cette époque un échange continu de substances entre les deux parties de la plante. Le poids des matières fixes contenues dans la plante totale s'est accru de 5 pour 100 environ, entre le 26 juillet et le 3 septembre : ce faible accroissement dont n'a profité que la partie aérienne, porte sur tous les éléments à la fois, sauf la magnésie. La partie souterraine, au contraire, n'a bénéficié d'aucune augmentation. Il semble donc que, entre le 26 juillet et le 3 septembre, tout mouvement de migration ait cessé peu à peu entre la partie aérienne du végétal et sa partie souterraine. La plante emploie, par conséquent, pour la maturation de ses graines, les réserves disponibles qu'elle possède dans sa tige. En effet, les cendres totales ont légèrement diminué dans les organes souterrains; l'azote total et l'acide phosphorique restent à peu près stationnaires. Le poids de la matière sèche, cendres déduites, a diminué de 10 pour 100 environ, cette diminution étant imputable, comme je l'ai dit plus haut, à une perte respiratoire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la stérilisation de l'eau par l'ultraviolet.* Note de MM. **Ed. Urbain**, **Cl. Scal** et **A. Feige**, présentée par M. E. Roux.

A la suite des très intéressants travaux de Mlle Cernovodeanu et de M. Victor Henri (1) nous avons recherché si d'autres sources d'ultra-violet que la lampe à mercure ou le tube de Geissler de M. Billon-Daguerre (2) ne pouvaient pas être utilisées en vue de la stérilisation de l'eau.

Il importait d'abord de rechercher quel était l'état de la question au point de vue de l'absorption de l'ultraviolet par les différents milieux, quartz, air, eau.

1° *Quartz.* — Dans ses expériences sur le quartz, Schumann (3) n'a pas été au-dessous de 1820 UA, et il ressort que, pour cette longueur d'onde, le quartz absorbe d'une façon appréciable; d'autre part Pflüger (4) trouve le quartz fondu moins transparent que le quartz naturel. C'est ainsi qu'une plaque de quartz fondu de $2^{mm},81$ ne laisse passer que 56 pour 100 pour 2100 UA et rien du tout au-dessous de 2000 UA.

2° *Air.* — Dans ses expériences, Schumann montre que 1^{mm} d'air absorbe tout au-dessous de 1650 UA et Kreussler (5) a mesuré la constante d'absorption de l'air. Pour 1860 UA, une colonne de 20^{cm} absorbe 8,8 pour 100 et pour 1930 UA, il n'y a plus d'absorption.

3° *Eau.* — Kreussler (6), opérant sur de l'eau fraîchement distillée, a vu que l'absorption était de 69 pour 100 sur une épaisseur de 1^{cm} pour 1860 UA.

Dans ces conditions, on voit clairement qu'il est inutile de chercher à utiliser des longueurs d'onde inférieures à 1860 UA, le quartz et l'eau se chargeant d'absorber la presque totalité des rayons de longueur d'onde inférieure.

Enfin, on voit aussi que l'air est un milieu d'une transparence très suffisante puisqu'on utilise presque complètement à partir de 1860 UA, et en totalité pour 1930 UA.

La limite inférieure du spectre solaire étant aux environs de 2900, il ne peut donc y avoir d'utiles que les longueurs d'onde comprises entre 1860 UA et 2900 UA.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CL, p. 52.
(2) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 811.
(3) *Photograph. Rundschau*, Heft 11, 1892.
(4) *Pflüger Physik Zs.*, t. V, 1904, p. 215-216.
(5) *Drude's Ann.*, t. VI, 1901, p. 390-423.
(6) *Drude's Ann.*, t. VI, 1901, p. 412-423.

Nous réalisons un arc très riche entre ces limites, en employant, comme mèche des charbons, un mélange de charbon et d'alumine par parties égales.

L'arc se trouve placé à 10^{cm} au-dessus d'une auge circulaire contenant l'eau à stériliser. Dans ces conditions avec un arc de 2 ampères on stérilise définitivement l'eau de la ville pour une durée d'illumination de 1 minute.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultraviolets.* Note de Mlle **Cernovodeanu** et M. **Victor Henri**, présentée par M. A. Dastre.

L'action des rayons ultraviolets sur les microbes, sur les différentes cellules des tissus animaux et végétaux, sur les ferments et sur les toxines, présente ce caractère remarquable que ce sont les rayons ultraviolets extrêmes, dont la longueur d'onde est inférieure à 2900 unités Ångstrom, qui sont de beaucoup les plus actifs.

Nous avons entrepris l'étude de l'action des différents rayons ultraviolets sur toute une série de réactions photochimiques, et nous avons comparé les résultats avec les actions bactéricides des mêmes rayons.

Les réactions photochimiques dont nous avons suivi les vitesses sont les suivantes :

1° Décomposition de l'eau oxygénée ;

2° Décomposition de KI en présence d'acide chlorhydrique ou sulfurique ;

3° Décomposition de KI en présence d'amidon ;

4° Réaction de Eder entre le bichlorure de mercure et l'oxalate d'ammoniaque

$$HgCl^2 + (NH^4)^2C^2O^4 = Hg^2Cl^2 + 2CO^2 + 2NH^4Cl;$$

5° Réaction entre le perchlorure de fer et l'acide oxalique

$$Fe^2Cl^6 + H^2C^2O^4 = 2FeCl^2 + 2CO^2 + 2HCl;$$

6° Oxydation des leucodérivés de la fluorescéine, de l'éosine (tétrabromofluorescéine) et du rose bengale (tétrachlortétraiodefluorescéine); ces leucodérivés ont été préparés en liqueur alcaline par réduction avec la poudre de zinc ; les réactions d'oxydation ont été étudiées soit sur des papiers filtre imbibés des solutions, soit sur les solutions des leucodérivés dans $NaOH\,\frac{N}{8}$;

7° Noircissement du papier photographique au citrate d'argent.

Comme source lumineuse nous nous sommes servis de lampes à arc de

mercure en quartz de la Société Westinghouse Cooper Hewitt marchant sur 110 volts et 3 ampères.

Pour éliminer les différentes régions du spectre ultraviolet nous avons employé des écrans divers, dont voici les effets :

		Unités Ångström.
Le spectre ultraviolet du mercure s'étend de		4000 à 2224
L'écran en viscose laisse passer les rayons de		4000 à 2534
L'écran en acétate de cellulose laisse passer les rayons de		4000 à 2699
L'écran en mica de $0^{mm},05$	»	4000 à 2804
L'écran en verre blanc de 1^{mm}	»	4000 à 3022
L'écran en verre euphos de $1^{mm},2$	»	4000 à 3908

Afin de rendre les conditions d'aération et de température comparables, nous avons employé pour le spectre total un écran formé d'une lame de quartz.

Pour comparer entre elles les différentes réactions photochimiques, nous désignons par 10 l'activité qui correspond à la partie du spectre qui traverse l'écran de verre de 1^{mm} d'épaisseur. Le Tableau suivant donne les activités des rayons qui traversent les différents écrans précédents. Un certain nombre de déterminations de vitesses de réactions ont été faites par nous en collaboration avec M. Cazaubon.

Réactions.	Euphos.	Verre.	Mica.	Ac. de cell.	Viscose.	Quartz.
$H^2O^2 = H^2O + O$	0,8	10	16	40	50	100
$KI + HCl$	»	10	11	»	20	40
KI + amidon	»	10	»	»	»	160
$HgCl^2 + (NH^4)^2C^2O^4$	»	10	»	»	»	80
$Fe^2Cl^6 + H^2C^2O^4$	»	10	»	»	»	80
Leucodérivé de la fluorescéine	4	10	20	40	40	120
Leucodérivé de l'éosine	4	10	15	20	20	60
Citrate d'argent	1	10	10	12	16	50
Action bactéricide	»	10	12	»	3000	10000

L'examen des nombres de ce Tableau montre que l'action bactéricide des rayons ultraviolets extrêmes (au-dessous de 2800) se distingue par leur intensité des actions produites par ces rayons sur les réactions photochimiques étudiées par nous. Il suffit de comparer entre eux les nombres des deux dernières colonnes pour les différentes actions.

Cette limite de 2900 ou 2800 unités Ångström, au-dessous de laquelle les rayons deviennent incompatibles avec la vie, *abiotiques* comme les a

désignés M. Dastre, est précisément la limite à laquelle s'arrêtent les radiations ultraviolettes qui arrivent du Soleil à la surface de la Terre, ainsi que l'avait montré Cornu. Les êtres vivants ne sont donc dans la nature jamais soumis à l'action des rayons ultraviolets ayant moins de 2900 unités.

Il semble donc qu'il y a dans ce fait une *loi d'adaptation des organismes vivants à la lumière solaire;* le protoplasme de tous les êtres vivants est altéré par les rayons ultraviolets extrêmes.

Cette altération du protoplasme peut être facilement constatée par l'étude microscopique.

ANATOMIE. — *Station bipède et muscles fessiers.* Note de M. I. **Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

Un fait digne de remarque est la disposition si spéciale des muscles fessiers de l'Homme, surtout du fessier superficiel, comparativement à ce qui existe chez les autres Mammifères.

Chez l'Homme en effet, le fessier superficiel est situé *en arrière*, tandis que chez les autres Mammifères ce muscle est placé sur la *face externe* de la cuisse, et même chez le plus grand nombre de ceux-ci (Équidés, Ruminants, etc.); en arrière de lui se trouvent d'autres muscles qui le *bordent postérieurement* (demi-tendineux, demi-membraneux, biceps fémoral, etc.). Un simple regard jeté sur les figures des Traités d'Anatomie humaine et vétérinaire suffit pour constater le fait.

Comment expliquer ces variations dans la situation des muscles fessiers?

Si l'on examine des squelettes *bien montés*, d'Homme et de Mammifères divers, on remarque des dispositions bien différentes dans la région du bassin, dispositions qui ont un grand retentissement sur l'anatomie de cette partie du corps et qui toutes sont une conséquence de ce que l'Homme a une station bipède *parfaite*, tandis que celle-ci n'existe pas chez les autres Vertébrés, ou y est simplement *ébauchée*.

Chez l'Homme, l'os coxal est nettement vertical; c'est-à-dire que *l'ilion occupe une situation supérieure par rapport à l'ischion.* Chez les autres Mammifères, l'os coxal est plus ou moins oblique, ou même horizontal; *l'ilion est alors antérieur et l'ischion postérieur.* De plus, chez l'Homme, l'ilion est en général plus large que chez le plus grand nombre des autres êtres.

Chez l'Homme, le plan géométrique, qui renferme les fémurs, contient aussi les deux ischions; autrement dit, *les ischions sont situés sur la face interne des fémurs.* Chez les autres Mammifères le plan renfermant les fémurs ne contient plus les ischions; ces

parties du squelette sont donc alors dans deux plans différents et *les ischions s'étendent en arrière des fémurs.*

Chez l'Homme, l'ilion ne dépasse guère en avant le plan fémoral, *il s'étend surtout en arrière de celui-ci.* Chez les autres Mammifères, au contraire, *l'ilion s'étend uniquement en avant du plan fémoral.*

La direction des fémurs tend encore à augmenter les dispositions que nous venons d'indiquer.

Chez l'Homme, *les fémurs sont verticaux;* chez les autres Mammifères, *ils sont obliques en avant.* Il en résulte que chez l'Homme le fémur se rapproche de l'ischion et s'éloigne de l'ilion, tandis qu'au contraire, chez les Mammifères, il s'éloigne de l'ischion pour se rapprocher de l'iliaque. L'obliquité du fémur concourt donc à placer l'ilion en avant du plan fémoral et l'ischion en arrière de ce plan; tandis que leur verticalité place l'ischion en dedans du fémur et l'iliaque en arrière.

Chez les êtres qui ont une tendance à se tenir sur les membres postérieurs (Kanguroo, Gerbille, etc.), les dispositions que nous venons de décrire chez les Mammifères autres que l'Homme persistent encore; on les rencontre aussi chez les Anthropoïdes, *dans leur station normale*, bien que beaucoup moins accentuées; il n'y a chez eux qu'une sorte d'ébauche de ce que l'on rencontre chez l'Homme. Cela résulte de ce que ces Singes se tiennent penchés en avant et marchent en s'appuyant sur leurs bras, au lieu d'avoir une attitude verticale et franchement bipède comme l'Homme. Cette manière d'être retentit non seulement sur leur colonne vertébrale qui est oblique et dont les courbures ne sont que très faiblement accusées, mais aussi sur leur bassin qui n'est plus aussi vertical que chez l'Homme et sur leurs fémurs qui sont légèrement obliques en avant.

Enfin, si l'on examine sur un squelette la région coxo-fémorale de l'Homme, par sa face postérieure, on voit qu'il existe une vaste loge, *très largement* ouverte en arrière, à coupe transversale triangulaire. Cette loge est limitée : 1° en dedans par l'os coxal; 2° en avant, en haut par le bord extérieur de l'ilion, en bas par le fémur; 3° en arrière et en dehors par un plan fictif allant de l'épine iliaque antéro-supérieure et du fémur à la crête sacro-coccygienne. Cette loge ne renferme aucune formation squelettique; nous lui donnons le nom de *loge fessière*. La loge fessière n'existe pas chez les quadrupèdes.

Des remarques qui précèdent, il résulte que :

1° La crête et la fosse iliaque, principaux lieux d'origine des fessiers, se trouvant en arrière des fémurs chez l'Homme, ces muscles ne peuvent, chez lui, qu'être situés postérieurement. Chez les autres Mammifères, où ces

mêmes surfaces d'insertion sont placées en avant des fémurs, les fessiers ne peuvent pas être situés en arrière; ils sont placés sur la face externe de la cuisse.

2° La portion du fessier superficiel qui s'attache au sacrum comble, chez l'Homme, la fosse fessière et est, par suite, complètement postérieure. Chez les autres Mammifères, elle n'est plus postérieure parce que la fosse fessière n'existe pas et que sa place est occupée par l'ischion ; elle est alors latérale.

3° La masse des muscles qui naissent de la tubérosité ischiatique (biceps fémoral, demi-membraneux, demi-tendineux, etc.), par suite de la situation de l'ischion, est, chez l'Homme, située sur la face interne du fémur, tandis que chez les autres Mammifères elle est postérieure et souvent même longe, en arrière, le fessier superficiel.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur le développement de l'œuf de Ver à soie univoltin.* Note de MM. **C. Vaney** et **A. Conte**, présentée par M. Edmond Perrier.

Au cours de son développement, l'œuf de Ver à soie présente les trois phases suivants:

1° *La période de constitution de la bandelette germinative et des éléments vitellins.* A la fin de cette phase d'une durée de 5 jours environ, l'œuf montre, en dessous d'un chorion doublé par un blastoderme pigmenté, une bandelette d'épithélium cylindrique : la bandelette germinative, recouverte par l'amnios et un massif de gros éléments polygonaux, formant le tissu vitellin;

2° *La période de vie latente,* d'une durée d'environ 9 mois, où l'embryon ne montre pas de changements appréciables;

3° *La période d'édification embryonnaire,* pendant laquelle les cellules de la bandelette se multiplient activement, tandis que les éléments vitellins se résorbent. Il en résulte une jeune chenille qui éclôt après une douzaine de jours.

Pendant tout le développement de l'œuf on constate une perte de poids continue qui se décompose de la façon suivante :

Première période (durée 5 jours) : 2,67 pour 100 du poids initial;

Deuxième période (durée 9 mois) : 4,96 pour 100 du poids initial;

Troisième période (durée 10 jours) : 7,84 pour 100 du poids initial.

Les œufs de Ver à soie contiennent un certain nombre de substances de réserve (matières albuminoïdes, glycogène, graisses). Nous avons étudié les variations du glycogène et de la graisse au cours de l'évolution embryonnaire.

Au point de vue de la teneur en glycogène, nous constatons qu'un poids initial de 100^g d'œufs de *Bombyx mori* renferme, au moment de la ponte, $3^g,080$ de cet hydrate de carbone; à la fin de la première période, $1^g,221$; à la fin de la deuxième période, $1^g,847$ et à la fin de la troisième période, $0^g,415$.

On voit que, pendant les deux périodes d'édification (constitution de la bandelette et édification embryonnaire), la teneur en glycogène va constamment en diminuant.

La période intermédiaire ou de vie latente répond à une phase d'élaboration de ce composé de réserve. Des coupes d'œufs à cette période traitées, en vue de la recherche du glycogène, par les méthodes à l'iode, de Lubarsch ou au tanin, nous ont montré la localisation de ce corps dans les éléments vitellins, où il se trouve d'ailleurs avec d'autres substances de réserve (matières albuminoïdes et graisses). Ainsi, au point de vue glycogénique, la cellule vitelline du Ver à soie se comporte, vis-à-vis de l'embryon, comme la cellule hépatique chez les Vertébrés : le glycogène s'y accumule pour être ensuite utilisé au cours de l'édification du jeune Ver. *Le tissu vitellin du Ver à soie doit être considéré comme une annexe embryonnaire* qui, ainsi que les annexes embryonnaires des Vertébrés, sert de centre d'élaboration du glycogène.

Au point de vue de la teneur en graisses, l'œuf du *Bombyx mori* montre :

1° Pendant la période de constitution de la bandelette, une teneur en graisses assez élevée et une très faible consommation de ces substances, leur pourcentage oscillant entre $7^g,120$ et $6^g,68$ pour un poids initial de 100^g d'œufs;

2° Pendant la période de vie latente, la teneur en graisses est graduellement décroissante, de $6^g,68$ pour 100 elle s'abaisse à $4^g,88$ pour 100 (du poids initial);

3° Pendant la période d'édification embryonnaire, la teneur en graisses est assez variable car, après une légère baisse, elle offre, vers l'éclosion, un relèvement important où la teneur en substances grasses atteint $5^g,57$ pour 100 du poids initial.

La comparaison des phénomènes nutritifs des deux périodes d'édification embryonnaire (première et troisième période de la vie de l'œuf du Ver à soie) nous révèle, dans les deux cas, une forte consommation de glycogène. Pendant la première période, où l'on ne constate que des phénomènes d'hystogenèse, cette consommation de glycogène équivaut aux $\frac{2}{3}$ de la perte de poids total des œufs. Dans la troisième période, quoiqu'il y ait simultanément des processus d'hystogenèse et d'histolyse, il y a également consommation de cet hydrate de carbone. Ces faits montrent que *le glycogène a un rôle important dans les phénomènes de multiplication cellulaire.*

L'étude des phénomènes physiologiques qui accompagnent le développe-

ment du Ver à soie, rapprochée des recherches que nous avons faites sur l'évolution du vitellus de cet insecte, nous conduit aux conclusions suivantes :

1° L'histogenèse s'accompagne toujours d'une forte consommation de glycogène.

C'est ce qui résulte de la comparaison des deux périodes d'édification embryonnaire (première et troisième période de la vie de l'œuf). Pendant la première période, on assiste à une histogenèse rapide amenant la constitution du blastoderme, de la bandelette germinative et du tissu vitellin. Pendant la troisième période, il y a histogenèse (formation de la chenille), et en même temps histolyse (destruction du tissu vitellin). Dans les deux cas, la baisse importante du pourcentage en glycogène montre bien le rôle de ce composé dans les phénomènes de multiplication cellulaire.

2° Le développement du Ver à soie dans l'œuf est en tous points homologue au développement de l'insecte hors de l'œuf.

Pour établir cette comparaison on peut négliger la période de vie latente au cours de laquelle on ne constate aucune modification anatomique appréciable. D'ailleurs, cette période manque dans l'œuf polyvoltin de *Bombyx mori* et de plus elle peut être retrouvée chez les Lépidoptères qui hivernent à l'état de chenilles complètement formées (Ex. : Chélonies).

La première période de la vie, dans l'œuf, est une période d'édification embryonnaire, elle est homologue à la période de croissance de la chenille.

La troisième période de la vie dans l'œuf, avec ses processus d'hystolyse et d'histogenèse, est comparable à la nymphose. La bandelette germinative évolue tout à fait comme les disques imaginaux, dont elle a d'ailleurs la structure. Les cellules vitellines sont homologues aux cellules adipeuses : elles ont même structure, même composition, mêmes fonctions. Ce sont de grosses cellules à noyaux plus ou moins ramifiés, accumulant dans leur intérieur des substances de réserve (glycogène, graisses, matières albuminoïdes), puis les élaborant ensuite en composés servant à la multiplication des cellules.

Au point de vue physiologique, la troisième période de vie dans l'œuf et la nymphose montrent toutes deux une perte de poids total, une forte consommation de glycogène, une baisse dans le pourcentage des graisses se terminant par un relèvement très important de leur teneur.

3° La période de vie ralentie du Ver à soie univoltin montre des phénomènes physiologiques comparables à ceux signalés dans l'hibernation : perte de poids total, forte consommation de matières grasses et élaboration de glycogène.

ZOOLOGIE. — *Pontes d'été et pontes d'hiver d'une Némerte d'eau douce* (Prostoma lumbricoideum *Dugès*). Note [1] de M. **Paul Hallez**, présentée par M. Yves Delage.

Pontes d'été. — Des exemplaires de *Prostoma lumbricoideum* Dugès, mis en observation depuis le mois d'octobre, m'ont donné, en octobre, novembre et février, des pontes semblables à celles des espèces marines. Les œufs sont déposés sur les parois du vase, réunis entre eux par une substance muqueuse transparente, et formant de petits groupes allongés, ne contenant ordinairement que 10 à 15 œufs disposés sur deux rangs, et n'adhérant que faiblement au verre. Une même Némerte peut déposer, en 1 ou 2 jours, quatre ou cinq paquets d'œufs semblables, qui font en somme partie d'une seule ponte. Certains exemplaires, qui m'ont fourni environ 70 œufs, sont morts après la ponte. Outre l'enveloppe muqueuse commune, chaque œuf est entouré d'une coque hyaline d'une épaisseur de 50^{μ}, l'œuf lui-même a un diamètre de 225^{μ}.

Ces œufs se développent relativement vite : 10 ou 12 jours après la ponte, à la température du laboratoire, il en sort une jeune Némerte. Celle-ci mesure environ 200^{μ} ; elle est ovoïde, un peu amincie en arrière, blanche, opaque, complètement et uniformément ciliée, pourvue seulement de deux yeux noirs qui représentent la paire postérieure des individus plus âgés ; elle a déjà, dans ses téguments, des corpuscules calcaires, très nombreux et très serrés, mais notablement plus petits que ceux de l'adulte ; ils mesurent en effet 4^{μ}, tandis que les corpuscules lenticulaires de l'adulte ont un grand diamètre de 16^{μ}.

Dans le mois de janvier, je n'ai pu obtenir aucune ponte, bien que les exemplaires en observation fussent nombreux.

Pontes d'hiver. — Les pontes que j'ai obtenues en décembre sont très différentes des précédentes. Voici le relevé de mon observation :

Le 16 décembre j'isole, dans un verre de Bohême, deux *Prostoma* chez lesquels j'ai constaté la présence d'œufs à maturité. Chaque Némerte se replie presque aussitôt sur elle-même, restant absolument immobile et adhérant au fond du verre, grâce au mucus sécrété.

Le 18 décembre, les Némertes se mettent à tourner sur place comme pour l'enkyste-

---

[1] Présentée dans la séance du 21 février 1910.

ment de protection, et à fabriquer un kyste sphérique adhérant fortement au verre et d'un diamètre d'environ 2^{mm}. Le 23 décembre, mes Némertes quittent leur kyste qui, après la sortie de la mère, prend un aspect un peu piriforme, la partie allongée et amincie correspondant au point de sortie. Ces kystes sont remplis d'œufs et ne présentent aucune ouverture, la Némerte ayant, sans doute, réparé l'orifice de sortie à mesure qu'elle se retirait en déposant ses œufs. Le 24 décembre un des deux exemplaires s'enroule de nouveau comme il l'a fait le 16. Le 25 au matin, je trouve un deuxième kyste semblable au précédent et plein d'œufs; le cadavre de la Némerte gît à côté de sa deuxième ponte.

Dans ces deux pontes consécutives, elle a donné environ 70 œufs. Quant à l'autre individu, il ne donna plus de ponte durant l'observation que je prolongeai jusqu'au 31 janvier, mais ne mourut pas.

En examinant les coupes de ces pontes, j'observai, à l'intérieur du feutrage qui en constitue l'enveloppe, une substance granuleuse d'aspect coagulé, se comportant comme le protoplasme avec les colorants, et contenant un grand nombre de granules vitellins qui se teignent comme la chromatine. C'est dans cette substance que sont plongés les œufs pourvus d'une coque hyaline, comme les œufs des pontes ordinaires, mais qui sont plus opaques encore que ces derniers. Le développement de ces œufs est très lent, car des coupes, pratiquées 8 et 10 jours après la ponte, m'ont montré que la segmentation n'était pas commencée. Grâce à la réserve nutritive accumulée dans ces pontes, les petits doivent pouvoir rester longtemps à l'intérieur, probablement plusieurs mois, avant de s'échapper au dehors.

Les *Prostoma*, qui ont les plus grandes affinités avec les *Tetrastemma* marins dont ils dérivent très vraisemblablement, présentent donc, au point de vue de la ponte, une intéressante adaptation à leurs conditions de vie. En outre, le transport possible de pareilles pontes, d'une rivière à une autre par les Oiseaux, doit évidemment assurer la dissémination de l'espèce d'une façon plus efficace que le transport des Némertes enkystées isolément.

HISTOLOGIE. — *Étude microscopique, sur le vif, de l'activité de la myéline au cours de la dégénération wallérienne des nerfs.* Note [1] de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Henneguy.

Le mécanisme de la fragmentation de la myéline et du cylindraxe, dans la dégénération wallérienne, ne peut être compris que par l'étude des tubes

---

[1] Présentée dans la séance du 21 février 1910.

nerveux pratiquée à l'état vivant. Les réactifs, même ceux qui fixent le mieux la myéline, amènent de telles modifications morphologiques que les images obtenues ont perdu leurs traits caractéristiques.

Par contre, si l'on place sous l'objectif microscopique un fragment de nerf dégénéré vivant, plongé dans une goutte d'humeur aqueuse ou de sérum sanguin, on voit sans difficulté les moindres détails de la myéline, tels qu'ils sont dans la nature; il faut seulement savoir distinguer, lorsqu'on les rencontre, les altérations traumatiques dues aux manipulations.

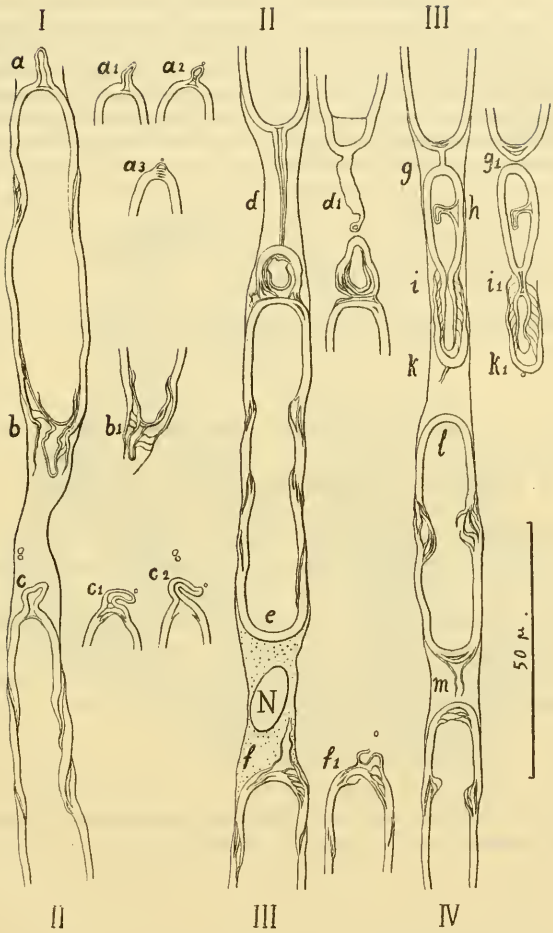
Cette technique permet non seulement de reconstituer le mécanisme de la fragmentation de la myéline par la mise en série des images observées, mais encore de voir directement le processus se continuer pendant toute la durée de l'examen; il n'est même pas indispensable pour cela de maintenir la préparation à l'étuve, bien que la chaleur hâte l'évolution.

Pour étudier les premières phases de la segmentation des tubes nerveux, on peut s'adresser au sciatique du Lapin, coupé depuis 2 jours; il existe un grand nombre de tubes dont le cylindraxe est en nécrobiose et dont la myéline se segmente, alors que les cellules de Schwann paraissent encore au repos.

Les segments interannulaires se sont décomposés en segments plus courts qui sont construits sur le type des segments primitifs, avec cette différence qu'ils sont séparés les uns des autres, au lieu d'être adossés par leurs extrémités, et que la cavité de chacun d'eux est close, au lieu de communiquer avec ses voisines par les canaux où passent les portions étroites du cylindraxe. Chaque segment contient un tronçon de cylindraxe altéré ; la gaine de myéline a conservé son aspect normal, avec ses lignes pures et son épaisseur rigoureusement uniforme. Les incisures de Schmidt-Lantermann se présentent sous des aspects variables ; un certain nombre ont gardé leur forme physiologique, mais beaucoup laissent apercevoir un clivage de la myéline.

Le mode de segmentation le plus fréquent et le plus intéressant est le suivant : un étranglement se forme, généralement au niveau d'une incisure, et se resserre au point que la cavité est réduite à un petit trajet capillaire; bientôt ce trajet est oblitéré par deux ponts transversaux qui se forment à chacune des extrémités (i, i_1); il se produit alors un étirement et une rupture qui libère les deux nouveaux segments (d, d_1, g, g_1). Après la séparation les extrémités des segments achèvent de reprendre leur forme typique, qui est celle d'une calotte hémisphérique, parfaitement régulière, sans aucun vestige de soudure (e, l); cette forme est exactement la même que celle des extrémités des segments interannulaires normaux, sauf qu'il manque l'orifice cylindrique destiné au passage du cylindraxe; cette similitude est intéressante, car elle prouve que la forme physiologique des étranglements est gouvernée non pas par le cylindraxe, mais par la gaine de myéline, en vertu des propriétés physiques qui caractérisent les substances lipoïdes.

L'achèvement des extrémités se fait tantôt par accolement des lamelles qui se sont dissociées pendant la séparation, tantôt par rentrée et effacement progressif du diverticule clos qui subsiste souvent après l'étirement et la rupture de la gaine de myéline



Dégénération wallérienne au deuxième jour (sciatique du Lapin).
L'observation a duré 5 heures. I-II, II-III, III-IV, portions consécutives d'une même fibre, avec une cellule de Schwann et son noyau, N.
Obj apochr. 2mm, Zeiss; oc. comp. 8; dessiné à 1200 diam., réduit à 900.

(a, a_1, a_2, a_3, c, c_1, c_2), tantôt enfin par l'accolement des lèvres d'une collerette flottante. Ce dernier cas se produit lorsque l'extrémité d'un segment est située du côté de l'évasement d'une incisure; le biseau interne de l'incisure s'est divisé en deux parties, dont chacune s'est refermée par soudure au niveau de la ligne de rupture; le biseau externe reste tout entier adhérent au segment d'où il provient et son extrémité abandonne le segment voisin après s'être étirée en tube effilé; les parois de ce tube reviennent ensuite sur elles-mêmes pour s'appliquer contre le ménisque convexe formé par le biseau interne de l'incisure, et contribue ainsi à reconstituer l'extrémité du nouveau segment (b, b_1, f, f_1, i, i_1, m); lorsque l'extrémité de la collerette est trop mince, elle s'élimine sous forme de sphérule (k, k_1).

A mesure que le processus avance, la myéline se fragmente en segments de plus en plus petits qui, finalement, comblent leur cavité, prennent un aspect homogène et sont résorbés par les cellules de Schwann proliférées.

J'étudie le même phénomène de segmentation dans l'autolyse aseptique des nerfs.

HISTOLOGIE. — *Sur certains filaments ayant probablement la signification de mitochondries, dans la couche génératrice de l'épiderme.* Note de MM. **M. Favre** et **Cl. Regaud**, présentée par M. Henneguy.

En traitant de petits morceaux de peau de la paume de la main de l'Homme, par les procédés appropriés à la coloration des formations mitochondriales [1], nous avons observé les faits suivants :

La partie profonde du corps muqueux de Malpighi (couche génératrice et cellules à filaments unitifs de Ranvier) est teinte en jaune clair par l'acide picrique, et tranche nettement sur le derme, dont les fibres conjonctives sont colorées en rouge orangé par le ponceau. La couche génératrice ne montre que des limites cellulaires peu distinctes, tandis que les cellules polyédriques situées au-dessus d'elle sont (conformément à la description classique) parfaitement individualisées par des intervalles clairs, que traversent les filaments unitifs ou fibrilles épidermiques. L'hématoxyline ferrique n'a coloré dans les noyaux que leurs nucléoles.

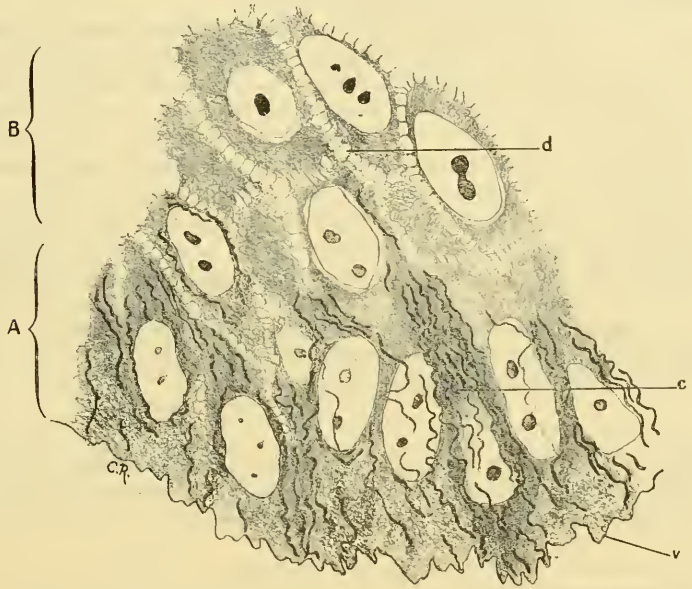
Le protoplasma, d'aspect syncytial, de la couche génératrice contient de

---

[1] Fixation des pièces par le formol, ou un mélange de formol et de bichromate de potasse; mordançage par le bichromate de potasse; coloration des coupes par l'hématoxyline au fer et le picro-ponceau. Pour les détails de technique, voir Cl. Regaud, *Arch. d'Anat. microsc.*, t. XI, 1910, p. 291 et suiv.

nombreux filaments noirs, flexueux comme des spirilles, mais dont la direction générale est perpendiculaire à la surface de l'épiderme.

Ces filaments sont parfaitement individualisés au sein du protoplasma et toujours indépendants les uns des autres. Leur grosseur, uniforme dans toute la longueur d'un même filament, varie quelque peu d'un filament à l'autre. La plupart de ces filaments naissent tout près de la membrane basale de l'épithélium, dans les denticulations par lesquelles le protoplasma de la couche génératrice s'engrène avec le tissu conjonctif.



Coupe de la couche profonde du corps muqueux de Malpighi; la peau de la paume de la main, Homme. *v*, membrane basale ou vitrée; A, couche génératrice; B, première rangée des cellules polyédriques à filaments unitifs; *c*, territoire particulièrement riche en filaments mitochondriaux; *d*, espace intercellulaire traversé par des filaments unitifs.

De là ils gagnent la zone des noyaux et s'accolent souvent de façon intime à ceux-ci. Tantôt (et le plus souvent) ils se terminent à la limite superficielle de la couche génératrice; tantôt ils passent dans la première rangée des cellules polyédriques, cellules qui sont souvent continues par leurs pieds avec la couche protoplasmique sous-jacente. Il est rare de rencontrer de tels filaments dans la seconde et la troisième rangées des cellules polyédriques.

La répartition des filaments dans la couche génératrice n'est pas régulière. Certains *territoires protoplasmiques périnucléaires* en contiennent peu; dans d'autres, au contraire, les filaments sont groupés en véritables faisceaux. Il nous a semblé que ces variations d'abondance des filaments correspondent à certaines différences d'aspect des noyaux.

Deux hypothèses se présentent pour expliquer la nature de ces filaments :

a. D'après l'une, il s'agirait de formations mitochondriales, de *chondriocontes indépendants des fibrilles épidermiques* ;

b. D'après l'autre, les filaments en question représenteraient la *partie initiale du système des fibrilles épidermiques, partie profonde, caractérisée non seulement par une disposition particulière, mais encore par une réaction tinctoriale spéciale, semblable à celle des mitochondries en général.* Deux observations sont en faveur de cette hypothèse : d'une part, dans certains points des préparations, les parties intercellulaires des fibrilles épidermiques retiennent assez fortement l'hématoxyline (quoique moins fortement que ne le font les filaments que nous décrivons dans la couche génératrice); d'autre part, nous avons vu quelquefois un des filaments en question, coloré en noir, passer d'une cellule à l'autre en même temps que des fibrilles épidermiques incolores, comme s'il tenait la place de l'une d'elles.

Nous espérons que des recherches actuellement en cours nous permettront d'étendre et de préciser nos connaissances relatives à ce nouvel élément de structure de l'épithélium ectodermique.

MÉDECINE. — *Étude médico-légale de la réaction à la benzidine dans la détermination des taches de sang.* Note de M. **F. Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

La benzidine ou diamidodiphényle est la base de toute une série très intéressante de couleurs.

Oskar et Rudolf Adler, en 1904, ont été les premiers à signaler la réaction caractéristique que cette substance exerce par oxydation en présence du sang.

Macweeney, professeur de Bactériologie à l'Université catholique de Dublin, a repris cette application et l'a étendue à la recherche si délicate des traces de sang sur les vêtements.

Le procédé consiste à recueillir des fragments de tissu par grattage par exemple et à projeter la poudre dans une solution de benzidine dans l'acide acétique, additionnée

d'eau oxygénée; chaque particule qui renferme du sang se colore en bleu. D'après Macweeney, la réaction est sensible à $\frac{1}{200000}$.

Ayant eu, à la suite d'une expertise médico-légale, à déterminer la nature de taches suspectes de sang répandues sur différents objets, j'ai, connaissant par expérience le peu de valeur des principaux réactifs colorés préconisés jusqu'ici, essayé le procédé nouveau indiqué par Macweeney.

Comme on le verra dans la suite, le mécanisme de cette réaction, si simple en apparence, est des plus complexes. On est obligé de faire intervenir des influences diastasiques, zymases peroxydantes, dont le rôle et peut-être même l'existence sont loin d'être parfaitement démontrés.

Je vais d'abord montrer, contrairement à l'opinion émise par Oskar et Rudolf Adler, que la benzidine oxydée n'est pas un réactif caractéristique du sang.

Il me suffira, pour le démontrer, d'énumérer un certain nombre de substances qui fournissent la réaction de Macweeney; parmi les liquides organiques autres que le sang, je citerai le pus et les sérosités; certains jus de fruits acides, pommes, poires, sont dans le même cas; certains sucs de plantes, tels que épinards, oseille, cresson, carotte, donnent une réaction très nette en présence de la benzidine.

On conçoit que cette liste puisse être plus longue encore, car que faut-il pour que la réaction de Macweeney se produise? Il faut que l'eau oxygénée soit décomposée, qu'il y ait ensuite oxydation de la diamidodiphényle en présence d'un sel de fer. Ces conditions se rencontrent très fréquemment dans les liquides appartenant au règne animal ou végétal. Il y a plus encore : une foule de liquides colloïdaux, l'oxalate ferreux, l'argile colloïdale, réagissent avec une égale intensité; les matières minérales finement pulvérisées ou poreuses comme le talc, le tripoli, le sable, l'alumine, la pierre ponce, les matières organiques telles que la cellulose donnent aussi une réaction bleue très vive avec la benzidine.

On le démontre très facilement de la façon suivante :

Prenez de la pierre ponce ordinaire, versez 2 ou 3 gouttes d'eau oxygénée sur les fragments et ajoutez ensuite quelques gouttes d'une solution de benzidine; au bout de quelques minutes les fragments de ponce se colorent en bleu d'une façon souvent inégale, suivant la répartition du fer existant dans la ponce.

Prenons maintenant de la pierre ponce préalablement traitée par l'eau régale de façon à lui enlever toute trace de fer, refaisons l'expérience et nous verrons qu'il n'y aura pas de coloration.

Il résulte de ces faits que tous les corps pulvérulents ou poreux, qui

décomposent l'eau oxygénée et qui en outre contiennent du fer, seront susceptibles de produire la réaction bleue avec la benzidine.

Il nous reste maintenant à examiner ce qui se passe avec les liquides colloïdaux et avec le sang en particulier. Le sang décompose très vivement l'eau oxygénée et le dégagement d'oxygène est tellement actif que certains auteurs ont cru nécessaire d'admettre l'existence, d'ailleurs purement hypothétique, d'une *catalase* ou diastase spéciale, pour expliquer le phénomène. Cette décomposition de l'eau oxygénée est due tout simplement à l'état colloïdal, qui est d'ailleurs détruit vers 85°.

Il en résulte que du sang qui aurait été chauffé au-dessus de cette température ne donnerait plus de réaction avec la diamidodiphényle. La technique indiquée précédemment par Macweeney est donc en défaut.

Mais étant donné ce que nous savons sur le mécanisme de cette réaction colorée, on conçoit qu'il soit très facile de suppléer à ce manque de sensibilité.

Il suffira de *rétablir le catalyseur* détruit par la chaleur en faisant agir par exemple de la cellulose pure. Cette remarque est intéressante au point de vue médico-légal, car le sang peut, en effet, avoir été répandu sur une étoffe qui aura été lavée ensuite avec de l'eau plus ou moins chaude.

Le procédé que j'indique est donc des plus simples et s'applique déjà à la recherche du sang avec la teinture de gaïac, etc.

On fait une empreinte humide de la tache suspecte, en ayant la précaution de n'employer à cet effet que du papier à filtrer, *lavé aux acides*, sans quoi les traces de fer qui existent dans le papier ordinaire suffiraient à donner une réaction bleue. On verse ensuite sur cette empreinte une goutte ou deux d'eau oxygénée, puis quelques gouttes d'une solution de diamidodiphényle.

Dans ces conditions, la réaction se produit presque instantanément avec du sang porté même à 110°.

Que doit-on conclure au point de vue médico-légal de l'ensemble des faits que je viens d'exposer?

Je considère que l'expert doit, dans le cas d'une réaction positive avec la benzidine, rechercher la nature des taches suspectes par des *procédés plus rigoureux avant de conclure*. Au contraire, et c'est là, à mon avis, le principal avantage de la méthode, lorsque la réaction aura été négative, il pourra se dispenser de poursuivre ses investigations plus loin.

MÉDECINE. — *Sur les douleurs névralgiques rebelles qu'on observe chez les hypertendus.* Note de MM. E. **Doumer** et G. **Lemoine**, présentée par M. d'Arsonval.

On rencontre souvent des douleurs névralgiques, très rebelles, qui résistent aux tentatives thérapeutiques les plus variées. Nous avons constaté que souvent elles sont liées à un degré d'hypertension plus ou moins marqué et qu'on les fait disparaître en ramenant la tension artérielle à la normale.

Voici quelques-uns des faits de cette nature que nous avons observés.

Observation I. — *Sciatique chez un diabétique.* — M. D..., docteur en médecine de Madrid, souffre, depuis fin décembre 1908, d'une sciatique extrêmement pénible. A essayé en vain toutes les médications d'usage, y compris les applications électriques classiques : courants continus intenses, faradisation cutanée, effluvation localisée de haute fréquence et de haute tension. Ces deux derniers modes d'électrisation exagéraient même les douleurs à un point tel que le malade a dû y renoncer.

Le 15 juin, la tension est trouvée de 23^{cm} à la radiale. Le malade à cette date élimine 33^{g} de sucre par 24 heures. On le soumet à la médication hypotensive de M. Moutier, avec champs magnétiques oscillants de 0,315 U.M.P. environ. Dès le soir même de la première application, très grande amélioration.

Les séances quotidiennes de 5 minutes furent continuées jusqu'au commencement de juillet 1909. Les douleurs s'atténuèrent progressivement et régulièrement et la marche devint de plus en plus facile. La tension passa successivement de 23 à 22, 22, 20,5, 21, 19,5, 19, 19,5, 18, 18 et 16.

L'élimination du sucre tomba à 5^{g},35 par 24 heures au bout de la première semaine du traitement et à 0 au bout d'un mois.

Le malade, de retour dans son pays, continua le traitement et les douleurs disparurent complètement.

Observation II. — *Névralgie occipitale.* — Mme F..., 55 ans, souffre par intermittence de névralgie occipitale parfois extrêmement pénible. A essayé en vain une foule de médications habituelles. Tension à la radiale, 26^{cm}. On la soumet le 23 janvier 1909 à la d'Arsonvalisation avec champs de 0,295 à 0,320 U.M.P. Trois séances de 5 minutes par semaine. Dès la première séance les douleurs disparaissent, la tension tombe à 21. Après la cinquième séance, la tension étant tombée à 15,5 et les douleurs n'étant pas revenues, on cessa le traitement.

En septembre 1909, après 7 mois de tranquillité, retour des douleurs : la tension était remontée à 21,5. Une seule séance suffit pour les faire disparaître de nouveau : la tension était tombée à 16,5.

Observation III. — *Douleurs sciatiques.* — Mme M..., 48 ans, souffre depuis 6 mois d'une sciatique gauche très pénible, peut à peine marcher, souffre même au lit. Le 10 décembre 1909, la tension à la radiale est de 23^{cm}. Soumise à la d'Arsonvalisation avec champs de 0,300 U. M. P. environ en séances de 5 minutes.

Dès la première séance, très grande amélioration : guérison, qui se maintient à ce jour après la quatrième séance. La tension a passé successivement de 23^{cm} à 17^{cm}, $15^{cm},5$ et $15^{cm},5$.

Observation IV. — *Névralgie du trijumeau.* — M. P..., 53 ans, souffre depuis 2 ans. Devant l'insuccès des diverses méthodes employées, son chirurgien propose l'ablation du ganglion de Gasser. En novembre 1908, on lui fit sans succès quinze séances de galvanisation intense, suivant l'excellente méthode de M. Bergonié, et huit tentatives d'ionisation salicylique. Le 3 décembre on essaye l'effluvation de la région douloureuse avec les courants de haute fréquence et de haute tension. Les douleurs furent accrues à un tel point que le malade se refusa à une nouvelle tentative du même genre. Le 5 décembre 1909, ayant constaté une tension de 21,5, le malade fut soumis à la médication hypotensive de M. Moutier avec champs de 0,280 U. M. P. environ.

Les douleurs devinrent moins aiguës dès la première séance et disparurent après la quatrième. La tension passa de 21,5 à 16,5, à 15. On fit treize séances en tout et l'on cessa le traitement lorsque la tension fut abaissée à 14°.

Observation V. — *Douleurs fulgurantes.* — M. S..., docteur en médecine, 42 ans; tabétique depuis 18 ans, souffre constamment depuis plus de 2 ans de crises de douleurs fulgurantes qui se renouvellent plusieurs fois par jour. Est devenu morphinomane; mais la sédation des douleurs produites par les injections de morphine n'est que passagère. Tension, $19^{cm},5$. On commence le traitement par la d'Arsonvalisation le 25 novembre 1909, avec champs de 0,330 U. M. P. environ. Les séances de 5 minutes sont répétées trois fois par semaine, au début, puis une fois seulement.

Après la troisième séance, les crises sont beaucoup moins fréquentes, moins douloureuses et moins longues. Après la sixième, elles disparaissent complètement.

La tension a passé successivement de 19,5 à 19, 18, 18,5, 17, 15, 15,5, 15, 14.

Sans doute nous ne pouvons affirmer que toutes les névralgies rebelles sont liées à l'hypertension artérielle et causées par elle, cependant on ne peut être que frappé du parallélisme étroit qu'on observe dans les cas que nous venons de rapporter entre les douleurs et l'hypertension, ces douleurs s'atténuant à mesure que la tension artérielle diminue et disparaissant lorsque cette tension est redevenue normale. Il semble donc que chez ces malades les douleurs névralgiques étaient étroitement liées à une tension artérielle exagérée. D'après d'autres observations nous pensons que cette relation est assez fréquente et que les névralgies rebelles n'ont pas le plus souvent d'autre cause.

Les observations I et IV fournissent d'ailleurs un autre argument en faveur de cette opinion, car chez ces deux malades les douleurs furent manifestement accrues par les applications d'effluves de haute fréquence et de haute tension. Or on sait depuis les recherches de M. Moutier et depuis l'expérience de M. Oudin que de telles applications élèvent la tension artérielle en raison de l'énorme vaso-constriction qu'elles produisent.

GÉOLOGIE. — *De la prédominance de l'érosion sur la rive droite d'une rivière en temps de crue.* Note de M. **Jean Brunhes**, présentée par M. P. Termier.

Les tourbillons des eaux courantes manifestent dans l'hémisphère Nord, comme les tourbillons atmosphériques, une prédominance du sens de rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre. Nous sommes partis de ce fait d'observation, Bernard Brunhes et moi, pour reprendre la discussion de la loi de Baer; mais cela ne peut se comprendre et se soutenir que si l'on observe une prédominance réelle et actuelle de l'érosion sur la rive droite des cours d'eau. C. Calciati a étudié et analysé en détail ce fait de prédominance dans les méandres du canyon de la Sarine.

Je viens d'être frappé d'un fait analogue dans quelques vallées du haut bassin de la Seine. En période de forte crue, un cours d'eau puissant a une telle énergie d'attaque et de destruction qu'il travaille *peut-être* indistinctement sur ses deux rives. Mais les affluents secondaires, qui n'ont que partiellement débordé leurs rives, ne manifestent-ils pas une inégalité dans la répartition des faits d'érosion à droite et à gauche?

Ayant noté cette inégalité sur les bords de l'Armançon et de la Brenne, j'ai voulu suivre le phénomène de très près sur un cours d'eau répondant à de bonnes conditions d'observation, et j'ai choisi l'Oze, cet affluent de la Brenne dont la vallée est parcourue dans la traversée du département de la Côte-d'Or par la ligne ferrée de Paris à Dijon. L'Oze a un régime particulièrement torrentiel à cause de l'imperméabilité des terrains liasiques sur lesquels elle coule. Elle a une pente moyenne de $3^{m},70$ par kilomètre. J'ai suivi l'Oze, le 22 février 1910, méandre par méandre, des Laumes jusqu'à Blaisy-Bas, sur une longueur en droite ligne de 30^{km}, qui correspond, à cause des sinuosités de la rivière, à un cours réel de 40^{km}.

L'Oze, à Blaisy-Bas, a environ 3^{m} à $3^{m},50$ de largeur, et aux Laumes 8^{m} à 9^{m}. A peu près partout elle est dominée par de petites berges qui, à la date indiquée, s'étendaient encore à 50^{cm}-80^{cm} ou même en certains points à 1^{m} ou $1^{m},50$ ou plus (surtout dans les parties concaves des méandres) au-dessus du niveau de l'eau. La crue n'a dans cette vallée recouvert que les bas-champs en bordure de la rivière, mais elle a déterminé des érosions sur les berges qui peuvent être exactement mesurées et photographiées d'après la teinte toute fraîche des parties récemment attaquées.

J'ai compté soigneusement les points d'attaque caractérisés dépassant 2^{m} de longueur : j'en ai compté 36 sur la rive droite et 15 seulement sur la rive gauche. Encore un des deux points de plus forte attaque de la rive

gauche se trouvait-il correspondre au pédoncule très rétréci de la presqu'île d'un méandre, et il avait été en réalité le résultat de l'érosion produite par un chenal nouveau ouvert par la rivière et coupant le pédoncule ; la partie érodée correspondait à la rive droite du chenal, et, même après le retrait des eaux, un grand mouvement tourbillonnaire en sens inverse des aiguilles d'une montre expliquait clairement le mécanisme de cette érosion.

D'une manière générale, l'érosion opérée sur la droite, dans les méandres, s'était surtout attaquée à l'aval de la courbe, soulignant le mécanisme bien décrit par Calciati et qui tend à agrandir le méandre en le déplaçant vers l'aval. Au contraire, à gauche, c'était plutôt la partie amont de la concavité qui était le plus souvent visiblement *écorchée*, comme si c'était presque exclusivement le courant fortement rejeté de la rive droite du méandre précédent qui eût déterminé le point d'attaque.

Une troisième série de faits pourrait être invoquée, encore que ceux-ci ne soient pas susceptibles d'une observation aussi précise que les précédents. Les bords immédiats de l'Oze sont presque continûment plantés d'arbres, lesquels constituent une protection contre le travail de l'eau. Cette protection, bien entendu, a été parfois inefficace ; en bien des points les arbres sont aujourd'hui *déchaussés*, et le 22 février ils apparaissaient, sinon au milieu de la rivière, du moins en plein courant. Ces portions des rives aux arbres déchaussés ne représentent pas uniquement l'œuvre de la dernière crue, mais elles représentent le résultat de l'effort cumulé des crues habituelles. A ce titre il est important de constater encore l'incontestable prédominance du travail opéré sur la rive droite.

En faisant donc aussi large que possible le compte des érosions de la rive gauche, le fait de la prédominance sur la rive droite me paraît si manifeste que, pour cette rivière examinée de près, il doit être exprimé par une proportion qui n'est certes pas inférieure à 70 pour 100.

Je souhaite que d'autres observations faites en ce moment dans le bassin de la Seine, au lendemain des grandes crues subies, viennent confirmer (ou infirmer) les conclusions de mes observations sur l'Oze.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la variation séculaire des éléments magnétiques dans la région de Paris.* Note de M. Alfred Angot.

L'augmentation constante de la composante horizontale H du champ terrestre à Paris, constatée depuis l'origine des observations, avait paru

s'arrêter en 1907; mais on ne pouvait encore affirmer qu'on ne se trouvait pas en présence d'une de ces petites irrégularités qu'offre parfois la variation séculaire. Le doute est levé maintenant et l'existence d'un maximum correspondant aux années 1906 et 1907 ressort nettement du Tableau ci-dessous, qui donne les valeurs moyennes annuelles des divers éléments du magnétisme terrestre à l'Observatoire du Val-Joyeux, de 1901 à 1909.

Valeurs moyennes annuelles des éléments magnétiques.

Année.	δ.	I.	N.	W.	H.	Z.	T.
	° ′	° ′					
1901...	15.12,0	64.58,9	0,18991	0,05160	0,19680	0,42167	0,46534
1902...	15.08,6	64.56,6	0,19016	0,05146	0,19700	0,42139	0,46517
1903...	15.04,4	64.54,7	0,19033	0,05126	0,19711	0,42102	0,46488
1904...	15.00,0	64.52,4	0,19049	0,05104	0,19721	0,42048	0,46443
1905...	14.55,7	64.50,7	0,19062	0,05082	0,19728	0,42008	0,46410
1906...	14.51,3	64.47,9	0,19080	0,05061	0,19740	0,41946	0,46359
1907...	14.45,9	64.46,5	0,19088	0,05031	0,19740	0,41900	0,46317
1908...	14.39,6	64.44,6	0,19093	0,04995	0,19735	0,41831	0,46253
1909...	14.32,9	64.43,9	0,19094	0,04955	0,19727	0,41792	0,46214

(δ, déclinaison; I, inclinaison; N, composante Nord; W, composante Ouest; H, composante horizontale; Z, composante verticale; T, intensité totale.)

Tous les éléments, sauf H et N, décroissent d'un bout à l'autre de la série. La composante Nord, au contraire, augmente constamment, mais il paraît vraisemblable qu'elle approche d'un maximum en 1909; dans ce cas, la composante horizontale H ($H = \sqrt{N^2 + W^2}$) présentera une décroissance de plus en plus rapide, puisque les deux termes dont elle se compose diminueront simultanément à partir de 1910 ou de 1911.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 février 1910.

Annales du Musée colonial de Marseille, publiées sous la direction de M. Édouard Heckel; 17e année, 2e série, t. VII, 1909. Marseille, Musée colonial, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. E. Heckel.)

Traité de Physique, par O.-D. Chwolson, Ouvrage traduit sur les éditions russes et allemandes, par E. Davaux; édition revue et considérablement augmentée par l'auteur, suivie de Notes sur la Physique théorique, par E. Cosserat et F. Cosserat; t. IV, 1er fasc. : *Champ électrique constant*, avec 165 figures dans le texte. Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Inventions relatives au graissage des machines, par M. Ch. Bertrand. [Recueil factice.] Paris, R. Chapelot et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bertin.)

Travaux du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1908-1909; t. IX, fasc. 1. Grenoble, Allier frères, 1909; 1 vol. in-8°.

Procès-verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, année 1908-1909. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Feret et fils, 1909; 1 vol. in-8°.

Contributions to the History of american Geology, by George-P. Merril. (N° 135. From the Report of the United States National Museum for 1904, p. 189-734, with 37 plates.) Washington, 1906; 1 vol. in-8°.

Results of the Swedish zoological Expedition to Egypt and the White Nile 1901, under the direction of L.-A. Jagerskiöld; part III. Upsal, C.-J. Lundström, 1909; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Royal Society of Edinburgh; session 1909-1910; t. XXX, parts 1, 2. Edinburgh, 1909; 2 fasc. in-8°.

Archives des Sciences biologiques, publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Pétersbourg; t. XV, n° 1. Saint-Pétersbourg, 1910; 1 fasc. in-4°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MARS 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Darboux** donne lecture de la Lettre suivante :

The Royal Society, Burlington House, London, 4 mars 1910.

Au Président de l'Institut de France, Paris.

Monsieur et cher Confrère,

Nous, les soussignés, Membres Associés et Correspondants de l'Institut de France, avons l'honneur d'exprimer par votre entremise notre sympathie profonde avec la nation française à l'occasion de la catastrophe épouvantable qui vient de frapper la ville de Paris et de vous remettre la somme de 3100fr (£ 124) pour les victimes de l'inondation.

Vous sentirez bien que cette petite offrande n'est qu'un faible témoignage des sentiments cordiaux qui nous unissent à nos Confrères français devant ce malheur national.

Veuillez agréer, Monsieur et cher Confrère, avec nos vives sympathies, l'assurance de nos sentiments les plus distingués et les meilleurs.

Edwin-A. Abbey, Corr. Beaux-Arts; The Rt. Hon. Arthur-James Balfour, Corr. Sc. m. et p.; J.-E.-C. Bodley, Corr. Sc. m. et p.; Lord Brassey, Corr. Sc.; The Rt. Hon. James Bryce, Assoc. étr. Sc. m. et p.; Sir William Christie, Corr. Sc.; Sir William Crookes, Corr. Sc.; Sir George Darwin, Corr. Sc.; Arthur Evans, Ass. étr. Belles-Lettres; Robert Flint, Corr. Sc. m. et p.; Stanhope Forbes, Corr. Beaux-Arts; Sir Archibald Geikie, Corr. Sc.; Sir David Gill, Corr. Sc.; Sir F.-Seymour Haden, Corr. Beaux-Arts; Dr Barclay V. Head, Assoc. étr. Belles-Lettres; Sir Hubert Herkomer, Assoc. étr. Beaux-Arts; Sir Joseph Hooker, Assoc. étr. Sc.; Sir William Huggins, Corr. Sc.; W.-Goscombe John, Corr. Beaux-Arts; Sir E.-Ray Lankester, Corr. Sc.; Lord Lister, Assoc. étr. Sc.; Sir Norman Lockyer, Corr. Sc.; John-H. Lorrimer, Corr. Beaux-Arts; Robert-W. Macbeth, Corr. Beaux-Arts; Sir Patrick Manson, Corr. Sc.; Alfred Marshall, Corr. Sc. m. et p.; Sir E. Maunde-Thompson, Corr. Belles-Lettres; Sir W.-Q. Orchardson, Assoc. étr. Beaux-Arts; Sir Frederick Pol-

LOCK, Corr. Sc. m. et p.; Sir Edward POYNTER, Corr. Beaux-Arts; Sir William RAMSAY, Corr. Sc.; Lord RAYLEIGH, Assoc. étr. Sc.; Lord REAY, Assoc. étr. Sc. m. et p.; Sir Henry ROSCOE, Corr. Sc.; John-S. SARGENT, Assoc. étr. Beaux-Arts; R.-Phene SPIERS, Corr. Beaux-Arts; Sir L.-Alma TADEMA, Assoc. étr. Beaux-Arts; H.-H. TURNER, Corr. Sc.

Après cette lecture, M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Je n'ai pas besoin de rappeler la sympathie déjà témoignée par l'Angleterre à notre pays dans le désastre qui a frappé Paris et ses environs. Aujourd'hui, la pieuse pensée de nos Associés et Correspondants anglais nous touche tout particulièrement, et l'Académie des Sciences associe ses remercîments à ceux qui ont été adressés aux savants anglais par M. le Président de l'Institut en réponse à leur don généreux.

ASTRONOMIE. — *L'organisation de la spectroscopie stellaire à l'Observatoire de Paris.* Note de M. **MAURICE HAMY**.

Dans les dernières années de sa vie, Lœwy était très préoccupé de faire reprendre, à l'Observatoire, les recherches de spectroscopie stellaire interrompues en 1897, lors du départ, à Meudon, de M. Deslandres, avec le matériel scientifique lui appartenant.

Chargé par lui de m'occuper d'organiser une installation nouvelle, je me propose, dans ce qui suit, de faire connaître les traits saillants du spectrographe, spécialement consacré à la détermination des vitesses radiales, qui a été construit, d'après mes indications, par notre habile et regretté constructeur P. Gautier.

Cet instrument, inachevé à la mort de Lœwy, est aujourd'hui en service régulier, grâce à M. Baillaud qui n'a pas hésité à engager les dépenses nécessaires, pour le doter des accessoires propres à le mettre au niveau des besoins de l'Astronomie moderne.

Comparé aux appareils analogues installés dans d'autres Observatoires, le nouveau spectrographe est d'un type tout différent et réalise divers perfectionnements qui ont pu être apportés à cause de l'emploi du grand équatorial coudé (ouverture, $0^m,60$; longueur focale, 18^m) comme générateur d'images.

L'équatorial coudé jouit, comme on sait, de la précieuse faculté de fournir des images immobiles au centre du champ. Il y avait lieu de profiter de

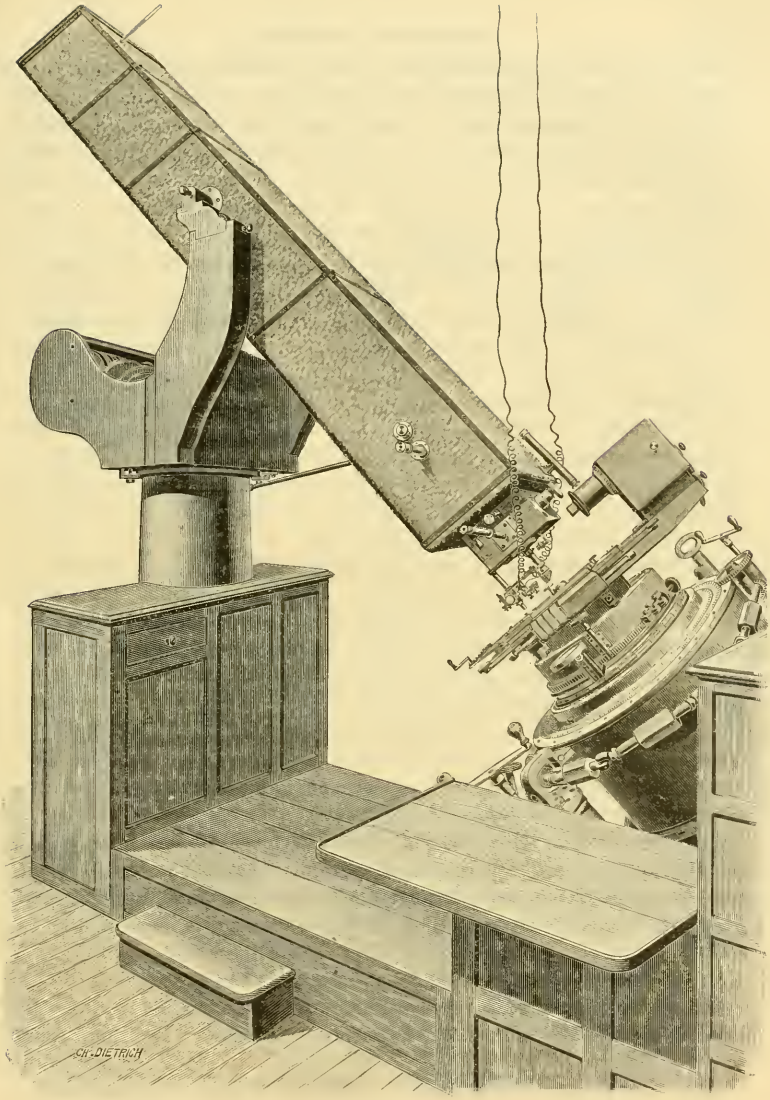


Fig. 1.

cette circonstance exceptionnelle, et c'est ce qui a été fait. Au lieu de monter, comme à l'ordinaire, l'appareil sur le tube même de la lunette, il a été installé sur un support fixe, en regard du plan focal, afin de le laisser en état de repos complet pendant la pose. Cette disposition supprime les effets des flexions, contre lesquels il est si difficile de réagir, en cas de poses prolongées, avec le matériel spectroscopique habituel adjoint aux équatoriaux droits, effets qui se traduisent par l'altération des images enregistrées sur la plaque photographique. Pour le même motif, il n'a pas été nécessaire de limiter la taille ni le poids de l'instrument, comme on y est astreint quand il s'agit d'affecter un équatorial ordinaire à la spectroscopie. En conséquence, le spectrographe a reçu des dimensions inusitées. Son poids, celui du support mis à part, atteint 1300^{kg}. La longueur focale de l'objectif du collimateur qui sert également, ainsi qu'on le verra plus loin, d'objectif de chambre, dans plusieurs des combinaisons optiques que l'appareil comporte, cette longueur, dis-je, a été portée à $2^{m},50$ et son ouverture à $0^{m},09$. Des dispersions considérables ont été réalisées en faisant usage d'un petit nombre de prismes de grandes dimensions (faces de 170^{mm} de longueur sur 90^{mm} de hauteur).

Il eût été avantageux, au point de vue de l'utilisation rationnelle de la lumière, de placer la fente dans le plan même de formation des images stellaires. Cependant, ayant été astreint à ne pas immobiliser l'équatorial, en ce qui concerne son emploi à la photographie du ciel, j'ai dû me résoudre à projeter les images sur la fente, à l'aide d'un véhicule. Le spectrographe peut ainsi être amené dans la position d'utilisation ou éloigné du plan focal, en quelques instants, par un simple mouvement de rotation autour de la colonne qui le soutient et sans démonter les pièces du porte-châssis de la lunette. La figure 1 représente une vue d'ensemble de l'appareil, tel qu'il est disposé pendant la pose.

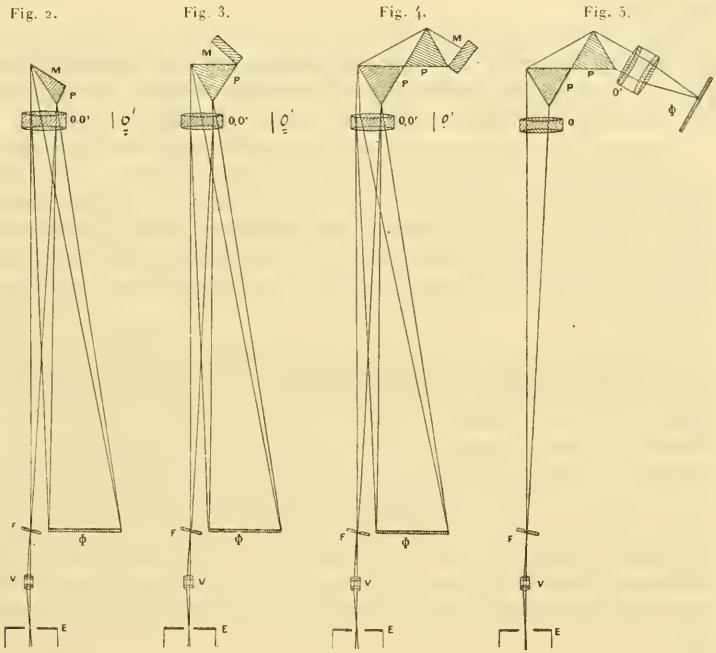
Les figures 2, 3, 4, 5 indiquent les diverses combinaisons optiques réalisables, en vue de modifier la dispersion et le pouvoir lumineux du spectrographe. La fente est représentée en F, la plaque photographique en Φ, l'objectif du collimateur en O, l'objectif de chambre en O′, les prismes en P; enfin M est un plan réfléchissant et V le véhicule servant à projeter, sur la fente, les images localisées dans le plan focal E de l'équatorial.

Suivant la combinaison employée, la différence des trajets maximum et minimum suivis par la lumière, à travers les prismes, varie de $0^{m},07$ à $0^{m},60$.

A la disposition (2) correspond deux prismes d'angles différents fournis-

sant des spectres de 40^{mm} et de 110^{mm} de longueurs entre les raies H_β et K (λ_{486} et λ_{393}).

La disposition (3) donne des spectres de 95^{mm} de longueur entre les raies H_β et H_γ (λ_{486} et λ_{434}).



Cette dispersion est plus que doublée avec la disposition (4) qui donne des raies quatre fois plus espacées environ, entre λ_{464} et λ_{434}, que les spectroscopes stellaires les plus puissants existant dans d'autres Observatoires. La longueur du spectre compris entre ces limites atteint 153^{mm} (¹). Malheu-

(¹) Un grand réseau concave de Rowland de 568 traits par millimètre et de $6^m,55$ de rayon (instrument employé pour photographier les Cartes du spectre solaire) donnerait, dans les mêmes conditions, un spectre ayant pour longueur $N \times 112^{mm}$, N étant l'ordre du spectre.

reusement, une dispersion aussi considérable entraîne des durées d'exposition de la plaque sensible d'autant plus prolongées que beaucoup de lumière se trouve perdue par le fait de la double réflexion sur les miroirs de l'équatorial coudé. On ne peut donc en faire usage que pour quelques étoiles très brillantes. Trois à quatre heures de pose paraissent nécessaires pour Arcturus.

Enfin, la combinaison (5), à laquelle correspond un objectif de chambre O′, de $0^m,40$ de foyer, est particulièrement avantageuse, au point de vue lumineux, avec les astres à diamètres sensibles. Elle fournit des spectres de 35^{mm} de longueur entre les raies H_β et K (λ_{486} et λ_{393}).

L'invariabilité de température du spectrographe, si importante à obtenir, a été réalisée avec un soin tout particulier, afin d'éviter les variations d'indices des prismes pendant la pose et les déformations de la partie mécanique. L'usage de grands prismes, dont l'équilibre thermique demande plusieurs jours à s'établir dans une enceinte à température constante, aurait, du reste, été à rejeter si des mesures efficaces n'avaient pu être prises sous ce rapport.

Le but a été atteint : 1° en installant à l'intérieur du spectrographe un régulateur [1] de température automatique; 2° en l'entourant d'une cuirasse isolante destinée à le soustraire le plus possible aux influences extérieures et à répartir uniformément la chaleur dans toutes ses parties. A cet effet, les pièces optiques de l'appareil ont été montées à l'intérieur d'une grande caisse en fonte de fer, à parois de 15^{mm} d'épaisseur, longue de 3^m, large de $0^m,50$ et profonde de $0^m,25$. Cette caisse renferme une boîte en cuivre feutrée qui contient les prismes et sur laquelle s'exerce directement la ventilation produite par le jeu du régulateur de température. Elle est elle-même feutrée à l'extérieur et placée à l'intérieur d'une caisse en cuivre rouge, à parois de 3^{mm} d'épaisseur, entourée extérieurement de feutre. Une seconde caisse en cuivre rouge, également feutrée, renferme la première. Les choses sont disposées, du reste, de telle façon que les enveloppes en cuivre puissent se dilater et se contracter, sans exercer aucun effort sur la caisse en fonte qui forme, à proprement parler, le corps même du spectrographe.

Grâce aux mesures prises, la colonne thermométrique se maintient, pendant des mois, au même point de l'échelle, à deux ou trois centièmes de degré près.

---

[1] On sait que les premières tentatives faites pour maintenir constante la température d'un spectrographe remontent à 1893 et sont l'œuvre de M. Deslandres, qui faisait usage, pour cet objet, d'une circulation d'eau provenant des profondeurs du sol. Le régulateur actuel fonctionne électriquement, comme celui qui a été généralement adopté dans les Observatoires, depuis quelques années.

De l'avis des astronomes français et étrangers qui ont été à même d'examiner les épreuves stellaires obtenues avec le nouvel appareil, les résultats supportent largement la comparaison avec ce qui a été réalisé ailleurs, dans cet ordre de recherches. Je me propose de les soumettre à l'appréciation de l'Académie.

HYDRODYNAMIQUE. — *Intégration des équations des ondes d'émersion, par la formule de Mac-Laurin, en séries toujours convergentes, pour un canal profond sans extrémités et pour un bassin indéfini en tous sens.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Quand le bassin proposé [1] est horizontalement indéfini soit seulement dans le sens des x (tant négatifs que positifs), avec largeur constante, *un*, suivant les y, soit aussi dans le sens des y, et que, dans le premier cas, le solide émergé étant, sur toute la largeur, un cylindre à génératrices parallèles aux y, la variable x est la seule coordonnée horizontale qui doive figurer, la dénivellation initiale h_0 s'exprime aisément par le moyen d'un potentiel ou logarithmique, dans le premier cas, ou newtonien, dans le second. De plus, ce potentiel est relatif à une matière fictive s'étendant soit, en file étroite, le long de l'axe des x, soit, en couche mince, sur le plan des xy, avec une densité, par unités ou de longueur, ou d'aire, égale au volume d'émersion donné, qui est $f(x)$, ou $f(x, y)$, aussi par unités ou de longueur, ou d'aire, de la superficie du bassin.

Appelons d'abord, d'une part, ξ l'abscisse, dans le plan vertical des xz, d'un point quelconque, contigu à l'axe des x, de la région cylindrique d'émersion, ou, dans le second cas, ξ, η les deux coordonnées horizontales d'un point analogue de la région alors non cylindrique d'émersion; et, d'autre part, (x, z) tout point du plan vertical des xz, sous l'axe des x, dans le premier cas, mais (x, y, z), dans le second, tout point appartenant à la masse fluide, c'est-à-dire situé sous le plan des xy, à une distance quelconque z de ce plan; enfin, r la distance $\sqrt{z^2+(x-\xi)^2}$, ou $\sqrt{z^2+(x-\xi)+(y-\eta)^2}$, de ce point intérieur, à l'élément quelconque

$$dm = f(\xi)\,d\xi \qquad \text{ou} \qquad dm = f(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta$$

de l'aire ou du volume d'émersion.

---

[1] Voir le précédent numéro des *Comptes rendus*, p. 491.

On sait que le potentiel logarithmique $\int (\log r)\, dm$, dans le cas du plan, et le potentiel newtonien $\int \frac{dm}{r}$, dans le cas de l'espace, étendus à tous les éléments $\int dm$ de l'aire ou du volume d'émersion contigus au lieu $z = 0$, satisfont respectivement, hors de ce lieu, avec toutes leurs dérivées partielles, à l'équation correspondante, $\Delta_2 h_0 = 0$, des fonctions harmoniques, vérifiée par la dénivellation h_0. Et l'on sait de plus que leur dérivée en z devient, à la limite $z = 0$,

$$\int \frac{z\, dm}{r^2} = \pi f(x), \qquad -\int \frac{z\, dm}{r^3} = -2\pi f(x, y);$$

ce qui montre que la fonction cherchée h_0, qui doit se réduire à $f(x)$ ou à $f(x, y)$ pour $z = 0$, sera, respectivement, $\frac{1}{\pi}\int \frac{z\, dm}{r^2}$ ou $\frac{1}{2\pi}\int \frac{z\, dm}{r^3}$, pourvu que ces expressions tendent asymptotiquement vers zéro aux grandes distances de l'origine. Or il est clair qu'elles y tendent en effet.

On aura donc

$$(1) \qquad h_0 = \begin{cases} \text{soit } \frac{1}{\pi}\int \frac{z\, dm}{r^2}, \\ \text{soit } \frac{1}{2\pi}\int \frac{z\, dm}{r^3}. \end{cases}$$

II. Appelons θ l'angle fait avec la verticale descendante par le rayon vecteur r émané de l'élément quelconque dm de l'aire ou du volume d'émersion; ce qui permettra d'écrire

$$\cos\theta = \frac{z}{r} = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}}, \qquad R^2 \text{ étant soit } (x - \xi)^2, \text{ soit } (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2;$$

et, devant évaluer les dérivées successives en z de h_0, pour les porter dans la série (5) obtenue à la fin de ma Note précédente comme expression du potentiel φ des vitesses, cherchons à différentier n fois en z le facteur variable, $\frac{\cos\theta}{r}$ ou $\frac{\cos\theta}{r^2}$, des éléments que donne pour h_0 la formule (1) ci-dessus. Or une différentiation en z se fait sans que varient x, ni y, ni, par suite, R; d'où l'on déduit aisément la formule symbolique

$$(2) \qquad \frac{d}{dz} = \cos\theta \frac{d}{dr} - \frac{\sin\theta}{r}\frac{d}{d\theta} = -\frac{1}{r}\left(\cos\theta \frac{1}{r}\frac{d}{d\frac{1}{r}} + \sin\theta \frac{d}{d\theta}\right).$$

III. Commençons par le cas des ondes cylindriques, où l'expression à

différentier n fois est $\frac{\cos\theta}{r}$. En employant le troisième membre de (2), une première différentiation donne

$$\frac{d}{dz}\frac{\cos\theta}{r} = -\frac{1}{r^2}(\cos\theta\cos\theta - \sin\theta\sin\theta) = -\frac{1}{r^2}\cos 2\theta;$$

et il vient ensuite, en appliquant de même le troisième membre de (2),

$$\frac{d^2}{dz^2}\frac{\cos\theta}{r} = \frac{2}{r^3}(\cos\theta\cos 2\theta - \sin\theta\sin 2\theta) = \frac{1.2}{r^3}\cos 3\theta, \qquad \ldots,$$

$$\frac{d^n}{dz^n}\frac{\cos\theta}{r} = (-1)^n\frac{1.2.3\ldots n}{r^{n+1}}\cos(n+1)\theta.$$

Par suite, la formule citée (5) de ma dernière Note devient, presque immédiatement,

$$(3)\qquad \varphi = \int\frac{t\,dm}{\pi r}\left[\frac{\cos\theta}{1} - \frac{\cos 2\theta}{1.3}\frac{t^2}{2r} + \frac{\cos 3\theta}{1.3.5}\left(\frac{t^2}{2r}\right)^2 - \ldots \pm \frac{\cos(n+1)\theta}{1.3.5\ldots(2n+1)}\left(\frac{t^2}{2r}\right)^n \mp \ldots\right].$$

C'était précisément la formule à obtenir de Poisson, sous la forme que lui a donnée M. Rousier dans sa Thèse [1], et dont la dérivée en t exprime la dénivellation h :

$$(4)\qquad h = \int\frac{dm}{\pi r}\left[\cos\theta - \frac{\cos 2\theta}{1}\frac{t^2}{2r} + \frac{\cos 3\theta}{1.3}\left(\frac{t^2}{2r}\right)^2 - \ldots \pm \frac{\cos(n+1)\theta}{1.3.5\ldots(2n-1)}\left(\frac{t^2}{2r}\right)^n \mp \ldots\right].$$

Les séries placées sous le signe $\int$ convergent visiblement, quelque grand que soit t; et l'on a ainsi l'intégrale générale du problème.

IV. Passons au cas de trois coordonnées x, y, z, où ce sont les dérivées successives en z de $\frac{\cos\theta}{r^2}$ qu'il faut prendre. Le troisième membre de (2) donne alors

$$(5)\qquad \frac{d}{dz}\frac{\cos\theta}{r^2} = -\frac{1.2}{r^3}\left(\cos^2\theta - \frac{1}{2}\sin\theta^2\right) = -\frac{1.2}{r^3}\left[\frac{1}{2}\frac{3}{4}\cos 2\theta + \frac{1}{2}\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{3}{4}\cos(-2\theta)\right].$$

---

(1) *Ondes par émersion*, p. 41 (Paris, Gauthier-Villars, 1908).

Posons, en général,

$$(6)\quad P_n = \left(\frac{1}{2}\frac{3}{4}\cdots\frac{2n-1}{2n}\right)\cos n\theta + \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\frac{3}{4}\cdots\frac{2n-3}{2n-2}\right)\cos(n-2)\theta$$
$$+\left(\frac{1}{2}\frac{3}{4}\right)\left(\frac{1}{2}\frac{3}{4}\cdots\frac{2n-5}{2n-4}\right)\cos(n-4)\theta + \ldots + \left(\frac{1}{2}\frac{3}{4}\cdots\frac{2n-1}{2n}\right)\cos(-n\theta).$$

L'expression $\frac{\cos\theta}{r^2}$ d'où l'on est parti et la relation (5) se trouveront comprises dans la formule générale

$$(7)\qquad \frac{d^{n-1}}{dz^{n-1}}\frac{\cos\theta}{r^2} = (-1)^{n-1}\frac{1.2.3\ldots n}{r^{n+1}}P_n.$$

Il suffit donc, pour démontrer celle-ci, de faire voir que, si elle est vraie pour une valeur de n, elle sera vraie aussi pour la valeur suivante. Or, la formule (2) de différentiation, appliquée au second membre de (7), donne

$$\frac{d^n}{dz^n}\frac{\cos\theta}{r^2} = (-1)^n\frac{1.2.3\ldots(n+1)}{r^{n+2}}\left(P_n\cos\theta + \frac{\sin\theta}{n+1}\frac{dP_n}{d\theta}\right);$$

de sorte que la relation à démontrer est

$$(8)\qquad P_{n+1} = P_n\cos\theta + \frac{\sin\theta}{n+1}\frac{dP_n}{d\theta}.$$

On la vérifie aisément en effectuant le calcul du second membre de (8), sur l'expression (6) de P_n [1].

Il importe de remarquer, dans (6), que chaque terme de P_n atteint sa valeur absolue la plus grande quand $\theta = 0$, ou quand le cosinus y vaut 1, et que, tous les termes étant alors positifs, P_n est maximum. Or la valeur nulle de θ correspond à $z = r$, et la dérivée $(n-1)^{\text{ième}}$ en z de $\frac{\cos\theta}{r^2}$ se confond alors avec la dérivée $n^{\text{ième}}$ en r de $-\frac{1}{r}$, c'est-à-dire avec $(-1)^{n-1}\frac{1.2.3\ldots n}{r^{n+1}}$, ce qui, d'après (7), donne $P_n = 1$. Ainsi, toutes les fonctions P_n de θ, qui sont, au fond, des polynomes en $\cos\theta$, se réduisent à l'unité pour $\theta = 0$ et acquièrent alors leur valeur absolue la plus grande.

V. La dérivée $n^{\text{ième}}$ en z de la seconde expression (1) de h_0 est donc

$$(-1)^n\frac{1.2.3\ldots(n+1)}{2\pi}\int\frac{P_{n+1}\,dm}{r^{n+2}}.$$

---

[1] La formule (8), jointe à $P_1 = \cos\theta$, permet aussi de reconnaître que les quantités P_n, exprimées en fonctions de $\cos\theta$, ne sont autre chose que les polynomes dits *de Legendre*.

Par suite, la formule (5) de ma Note précédente donne, pour le potentiel φ des vitesses, la valeur

$$(9)\qquad \varphi = \frac{t}{2\pi}\int \frac{dm}{r^2}\left[P_1 - \frac{P_2}{3}\frac{t^2}{r} + \frac{P_3}{4.5}\left(\frac{t^2}{r}\right)^2 - \ldots \pm \frac{P_{n+1}}{(n+2)(n+3)\ldots(2n+1)}\left(\frac{t^2}{r}\right)^n \mp \ldots\right],$$

et, pour sa dérivée en t, c'est-à-dire pour la dénivellation h, le développement

$$(10)\qquad h = \frac{1}{2\pi}\int \frac{dm}{r^2}\left[P_1 - P_2\frac{t^2}{r} + \frac{P_3}{4}\left(\frac{t^2}{r}\right)^2 - \frac{P_4}{5.6}\left(\frac{t^2}{r}\right)^3 + \ldots \pm \frac{P_{n+1}}{(n+2)(n+3)\ldots(2n)}\left(\frac{t^2}{r}\right)^n \mp \ldots\right].$$

Considérons, par exemple, dans cette dernière formule, la série placée sous le signe $\int$. Le rapport, au terme général qui s'y trouve écrit, du terme suivant où $n+1$ remplacerait n, y est, en valeur absolue, abstraction faite des facteurs P_{n+1}, P_{n+2} au plus égaux à 1, $\frac{n+2}{(2n+1)(2n+2)}\frac{t^2}{r}$, ou, sensiblement, pour n très grand, $\frac{t^2}{4rn}$, quantité tendant vers zéro, quelque grande que soit la valeur actuelle de t. Donc, les séries sous le signe $\int$ de (9) et (10) sont toujours convergentes, et ces formules expriment la solution générale du problème.

VI. C'est sous cette forme que l'a obtenue M. Vergne dans sa Thèse (p. 45 et 49), après avoir reconnu que l'équation indéfinie (3) de ma précédente Note indiquait le développement (5) de la même Note par la formule de Mac-Laurin.

Déjà Poisson, plusieurs années avant de faire son Mémoire sur les ondes, avait eu l'occasion de voir que l'intégrale générale de cette équation binome (3) se composait de deux parties comportant, chacune, une fonction arbitraire, et que l'une de ces parties avait précisément le développement (5) par la formule de Mac-Laurin. Mais, lors de la rédaction de son Mémoire sur les ondes, et bien qu'il y ait remarqué l'équation binome (3) dans le cas d'une profondeur infinie, il ne paraît pas avoir songé à en faire usage. Cela aurait, cependant, bien abrégé sa démonstration de deux formules fondamentales du n° 34 de son travail, qui, ensemble, reviennent à

la seconde (1) ci-dessus et à la dernière, (5), de ma précédente Note. Il n'en a, du reste, pas dégagé explicitement l'intégrale générale sous la forme définitive et complète (9) due à M. Vergne, s'étant contenté de trouver, au n° 38 de son Mémoire, les expressions de φ et de h à la surface libre $z = 0$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium.* Note de MM. A. **Haller** et **Ed. Bauer**.

Les cétones aliphatiques se prêtent aux mêmes alcoylations que les cétones cycliques (méthylcyclohexanones, menthone, thuyone, etc.) [1] et les cétones mixtes de la série aromatique (méthyle, éthyle, propyle...phényl-cétones) [2], quand on les traite par de l'amidure de sodium et des iodures alcoyliques.

Avant d'aborder l'alcoylation des cétones normales non arborescentes, nous avons opéré sur la pinacoline qui, par la nature quaternaire d'un de ses atomes de carbone directement fixé sur le groupement fonctionnel cétonique, présente quelque analogie avec l'acétophénone

Méthylation de la pinacoline. — Quand à 1^{mol} de pinacoline, dissoute dans trois fois son volume d'éther anhydre, on ajoute peu à peu 1^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé, on constate qu'il se produit une réaction déjà à froid, avec un dégagement d'ammoniaque. En chauffant à l'ébullition, la réaction est plus rapide et, suivant la finesse de l'amidure, on arrive à avoir une solution complète du dérivé sodé au bout de 1 à 2 heures.

Quand toute l'ammoniaque est éliminée, on introduit par petites portions, à l'aide d'un entonnoir à robinet, un peu plus de 1^{mol} d'iodure de méthyle. L'éther entre en ébullition, par suite de la vivacité de la réaction, en même temps qu'il se précipite de l'iodure de sodium. Après addition de tout l'iodure, on chauffe encore pendant 1 heure environ, on laisse refroidir et l'on ajoute progressivement de l'eau froide. Les deux liquides sont séparés, et la solution éthérée, préalablement lavée avec de l'eau acidulée, est séchée

(1) A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1139; t. CXL, p. 127 et 1625.
(2) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70; t. CXLIX, p. 5.

et distillée pour éliminer l'éther. Le produit restant est ensuite soumis à plusieurs fractionnements au moyen d'une colonne Vigreux. On arrive finalement à isoler une portion distillant à 124°-126° à la pression ordinaire et qui est formée par *la monométhylpinacoline* ou *diméthyl-2.2-pentanone-3*

$$(CH^3)^3.C.CO.CH^2.CH^3,$$

qui avait déjà été obtenue par Wischnegradsky [1] en faisant agir du chlorure de pivalyle sur le zinc-éthyle.

Elle constitue un liquide incolore à odeur spéciale rappelant celle du camphre et du menthol, et bouillant à 124°-126°.

Son oxime $(CH^3)^3.C-\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}-CH^2.CH^3$ cristallise dans l'alcool en magnifiques tables ayant la forme de losanges et fondant à 78°-80°.

Les portions de tête et de queue provenant de la préparation de la monométhylpinacoline sont retraitées en milieu éthéré par de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle en quantité moléculaire. Ce dernier doit être ajouté peu à peu, de façon à transformer d'abord la pinacoline restante en dérivé monométhylé, laquelle, réagissant ensuite sur l'amidure restant, donne un nouveau dérivé sodé qui subit à son tour la double décomposition avec l'iodure de méthyle.

On décompose finalement le produit de la réaction par de l'eau et on rectifie l'huile débarrassée de l'éther. On obtient de la sorte une portion relativement faible de produit passant de 105° à 130°, tandis que la majeure partie distille de 130° à 135°.

En reméthylant les portions de tête dans les mêmes conditions, on peut avoir un rendement quantitatif en ce produit qui passe à 130°-135° et qui n'est autre que la *pentaméthylacétone* ou *triméthyl-2.2.4-pentanone-3*

$$(CH^3)^3.CO.CH\begin{cases}CH^3\\CH^3\end{cases}.$$

Cette cétone, qui constitue le produit ultime de la méthylation de la pinacoline au sein de l'éther, a déjà été préparée par M. Nef [2] en chauffant en tube scellé à 140° de l'acétone ou de la pinacoline avec de la potasse solide et de l'iodure de méthyle.

Étant donné son mode de formation au moyen de la pinacoline, il est

---

(1) Wischnegradsky, *Liebig's Annalen*, t. CLXXVIII, p. 104.

(2) Nef, *Liebig's Annal.*, t. CCCX, p. 323.

facile de comprendre qu'il n'est pas nécessaire de faire l'opération en plusieurs fois et d'isoler au préalable la monométhylpinacoline. Il suffit en effet de traiter successivement la pinacoline par de l'amidure et de l'iodure de méthyle en quantité insuffisante pour réaliser la méthylation totale, puis d'ajouter de nouvelles portions d'amidure et d'iodure jusqu'à refus de réaction. On réussit ainsi à transformer la presque totalité de la pinacoline en pentaméthylacétone.

Cette cétone se présente sous la forme d'un liquide qui bout de 133° à 134° et dont la réfraction moléculaire est normale;

$$d_4^{25} = 0,80536, \qquad n_D = 1,40513, \qquad RM_D = 38,96; \qquad \text{Calculé} = 39,11.$$

Son oxime, déjà préparée par Nef (*loc. cit.*), fond à 141°.

Alcool pentaméthylisopropylique ou triméthyl-2.2.4-pentanol-3

$$(CH^3)^3.C.CH.OH.CH(CH^3)^2.$$

Cet alcool se prépare en ajoutant une dissolution de cétone dans trois ou quatre fois son volume d'alcool absolu, à du sodium en excès. Quand tout le métal a disparu, on étend d'eau et on reprend par de l'éther la couche surnageante.

Après distillation et rectification, on obtient un liquide à forte odeur de bornéol qui bout entre 145° et 148°.

Sa phényluréthane $C^{15}H^{22}NO^2$ est un corps blanc, peu soluble dans l'éther et qui fond à 79°.

Hexaméthylacétone ou *tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3* ou *pivalone*

Au sein de l'éther, l'amidure de sodium ne réagit plus sur la pentaméthylacétone. On n'observe, en effet, aucun dégagement d'ammoniaque quand on chauffe à l'ébullition le mélange de ces trois corps.

Lorsqu'on opère au sein du benzène bouillant, la pentaméthylacétone décompose au contraire l'amidure pour donner naissance à un dérivé sodé insoluble; la réaction est pour ainsi dire totale au bout de 2 heures d'ébullition. On ajoute alors un peu plus de la quantité théorique d'iodure de méthyle. Il se produit une réaction très vive et le précipité gélatineux de pentaméthylacétone sodée se transforme peu à peu en un précipité plus dense d'iodure de sodium. Au bout d'une demi-heure d'ébullition on laisse

refroidir et on traite par de l'eau. Le liquide surnageant est lavé avec de l'eau acidulée, séché et rectifié.

On obtient 10 à 15 pour 100 d'un produit passant de 135° à 149° et le reste, 85 pour 100 environ, distille intégralement entre 149° et 151°. C'est l'hexaméthylacétone qui constitue un liquide mobile, à odeur camphrée et dont la densité $d_4^{25} = 0,81992$ et $n_D = 1,41702$. Sa réfraction moléculaire $RM_D = 43,55$ est bien celle d'un dérivé répondant à la formule $(CH^3)^3C - CO.C(CH^3)^3$. RM_D calculé 43,71.

L'hexaméthylacétone ne se combine ni à l'hydroxylamine, ni à la phénylhydrazine, ni à la semicarbazide, bien qu'elle renferme le groupement cétonique. Elle peut en effet être réduite en alcool dans les mêmes conditions que celles qui nous ont permis de convertir la pentaméthylacétone en alcool pentaméthylisopropylique.

L'alcool hexaméthylisopropylique ou *tétraméthyl-2.2.4.4-pentanol-3* $(CH^3)^3.CCHOHC(CH^3)^3$ se présente sous la forme d'un produit blanc, très volatil, qui fond à 50° et bout à 165°-166°. Il possède une odeur rappelant, tout à la fois, celle du poivre et du bornéol.

Sa phényluréthane fond à 118°-119°.

L'éther formique $(CH^3).C.\overset{OCHO}{CH} - C(CH^3)^3$, préparé en chauffant l'alcool avec de l'acide formique en excès, constitue un liquide bouillant à 185° qui par saponification régénère intégralement l'alcool.

Éthyldiméthylpinacoline. Tétraméthyl-2.2.4.4-hexanone-3.

$$(CH^3)^3.C.CO.\overset{C^2H^5}{C}(CH^3)^2.$$

En faisant réagir, sur la pentaméthylacétone sodée au sein du benzène, du bromure ou de l'iodure d'éthyle dans les conditions indiquées pour la préparation de l'hexaméthylacétone, on obtient, après une ébullition de 10 heures et un traitement subséquent approprié, environ 80 à 90 pour 100 de la théorie d'un liquide passant entre 172°-174° et qui est constitué par la cétone cherchée.

Comme son homologue inférieur, cette cétone ne forme ni oxime, ni phénylhydrazone, ni semicarbazone. Mais, réduite au sein de l'alcool absolu par du sodium, elle fournit l'alcool *pentaméthyléthylisopropylique* ou *tétraméthyl-2.2.4.4-hexanol-3*, liquide à forte odeur de bornéol qui bout à 187°-188° à la pression ordinaire.

Sa phényluréthane, très soluble dans l'alcool, cristallise au sein du pétrole en fines aiguilles fondant à 94°-95°.

La méthode qui nous a servi à préparer les dérivés méthylés de la pinacoline nous a également permis de produire d'autres alcoylpinacolines.

C'est ainsi qu'en traitant une solution éthérée de pinacoline par de l'amidure de sodium, puis, après formation du dérivé sodé, par du bromure ou de l'iodure d'éthyle, on isole un produit passant de 105° à 176° avec des points fixes situés entre 146° et 148° et 174°-176°.

La fraction passant entre 146° et 148° n'est autre chose que de la *monoéthylpinacoline* ou *triméthyléthylacétone* ou *diméthyl-2.2-hexanone-3* : $(CH^3)^3.C.CO.CH^2.CH^2.CH^3$. C'est un liquide mobile à odeur camphrée un peu plus fraîche que celle de l'hexaméthylacétone. Sa densité $d_4^{25} = 0,81055$, $n_D = 1,40952$. Réfraction moléculaire observée pour la raie D = 39,08; calculée = 39,11.

Son oxime cristallise au sein de l'alcool en fines aiguilles fusibles à 76°-77°. L'alcool correspondant à cette cétone, le *diméthyl-2.2-hexanol-3*, est un liquide à odeur de poivre et de bornéol et qui bout à 155°-157°. *Sa phényluréthane* fond à 70°-71°.

La portion distillant de 174° à 176° est formée de *diéthylpinacoline* ou *triméthyldiéthylacétone* ou *diméthyl-2.2-éthyl-4-hexanone-3*

$$(CH^3)^3C.CO.CH\begin{matrix}CH^2CH^3\\CH^2CH^3\end{matrix}.$$

C'est un liquide mobile dont l'odeur rappelle celle de la monoéthylpinacoline. $d_4^{25} = 0,82521$, $n_D = 1,42227$, d'où R. M. pour la raie D = 48,06; calculée = 48.31.

Elle ne donne ni oxime, ni semicarbazone. Mais, réduite par du sodium au sein de l'alcool absolu, elle fournit l'*alcool triméthyldiéthylisopropylique* ou *diméthyl-2.2-éthyl-4-hexanol-3*

$$(CH^3)^3.C.CHOH.CH\begin{matrix}CH^2CH^3\\CH^2CH^3\end{matrix},$$

liquide à odeur de bornéol qui distille à 187° et dont la phényluréthane fond à 107°.

Comme dans le cas de la pentaméthylacétone, la *diéthylpinacoline* ne donne pas de dérivé sodé quand on la chauffe au sein de l'éther avec de l'amidure de sodium. Ce dérivé prend au contraire naissance quand à l'éther on substitue de la benzine. Dans ces conditions, la réaction est normale et

s'effectue comme dans la préparation de l'hexaméthylacétone. Elle dure environ 10 heures, tout en n'étant pas complète. On obtient de meilleurs rendements en employant le toluène comme dissolvant.

La *triéthylpinacoline* ou *diméthyl-2.2-diéthyl-4.4-hexanone-3*, extraite du produit de la réaction du bromure d'éthyle sur la diéthylpinacoline sodée au sein de la benzine, se présente sous la forme d'un liquide mobile à odeur fraîche et camphrée, qui bout entre 214° et 216°. De même que son analogue l'hexaméthylacétone, elle résiste à l'action de l'hydroxylamine et de la semicarbazide. Réduite par le sodium, elle fournit l'alcool *triméthyltriéthylisopropylique* ou *diméthyl-2.2-diéthyl-4.4-hexanol-3*, qui forme un liquide épais distillant à 226°-228° et dont la phényluréthane fond à 110°.

Dans le but d'obtenir un isomère de la hexaméthylacétone, nous avons chauffé, au sein de l'éther, de l'éthylpinacoline, sodée par la quantité théorique d'amidure, avec de l'iodure de méthyle, et nous avons séparé le produit de la réaction par les moyens ordinaires. Le liquide isolé distille de 148° à 156° et contient par suite un mélange d'éthylpinacoline et d'éthylméthylpinacoline très difficile à séparer l'une de l'autre par la distillation. Nous avons alors traité le mélange par le chlorhydrate d'hydroxylamine en solution dans l'alcool.

Dans ces conditions l'éthylpinacoline seule donne une oxime. Le produit de la réaction est traité par l'eau et le mélange de l'oxime et de méthyléthylpinacoline est extrait à l'éther. On chasse ce dernier et le résidu abandonne par cristallisation l'oxime de l'éthylpinacoline qu'on sépare par essoration.

Les eaux mères sont distillées et passent à 150°-160°. Le liquide étendu d'éther de pétrole est additionné d'isocyanate de phényle et abandonné au repos pendant quelques jours, afin de favoriser la formation de carbanilidoxime avec le reste de l'oxime éthylpinacolique. On chasse ensuite l'éther de pétrole et le résidu est distillé dans le vide. Il reste dans le ballon une poudre blanche, tandis qu'on recueille dans le récipient un mélange d'isocyanate non entré en réaction et la méthyléthylpinacoline. On agite avec de l'eau, qui convertit le carbanile en diphénylurée symétrique, et l'on reprend par l'éther. La liqueur éthérée fournit par évaporation l'éthylméthylpinacoline qu'il suffit de rectifier.

L'éthylméthylpinacoline ou *triméthyl-2.2.4-hexanone-3*

$$(CH^3)^3.C.CO.CH\begin{cases}CH^3\\CH^2CH^3\end{cases}$$

est isomère avec l'hexaméthylacétone, tout en ayant un point d'ébullition (155°-156°) plus élevé que celui de ce dernier dérivé qui bout à 151°. Réduite, elle donne l'alcool *tétraméthyléthylisopropylique* ou *triméthyl-2.2.4-hexanol-3* $(CH^3)^3.C.CHOHCH\begin{cases}CH^3\\C^2H^3\end{cases}$ liquide, bouillant à 169° et ne cristallisant pas.

La phényluréthane correspondante fond à 78° tandis que celle de l'alcool hexaméthylisopropylique fond à 118°-119°.

Nous avons encore préparé un second isomère de l'hexaméthylacétone, dans le but de nous rendre compte si, comme son homologue supérieur, l'homopivalone, elle se refuse à former une oxime ou une semicarbozone. Il s'agit de l'*isopropylpinacoline* ou *triméthyl-2.2.5-hexanone-3*

$$(CH^3)^3.C.CO.CH^2.CH\begin{cases}CH^3\\CH^3\end{cases}.$$

Préparée en faisant agir de l'iodure d'isopropyle sur la pinacoline sodée au sein du benzène, cette cétone bout à 157°,5-158°,5 et fournit une oxime fondant à 77°-78°. Nef signale également cette cétone, mais cet auteur semble ne pas l'avoir obtenue dans un état de pureté suffisant, car l'oxime qu'il en a préparée fond à 66°-70° (¹).

Dans cette préparation d'isopropylpinacoline il se forme les dérivés diisopropylé et triisopropylé, dont nous n'avons pas fait l'étude.

Nous avons enfin cru devoir essayer la substitution de radicaux allylés à l'hydrogène du groupe CH^3 de la pinacoline. En opérant comme avec les radicaux saturés, nous avons obtenu :

La *monoallylpinacoline* ou *diméthyl-2.2-heptène-6-one-3*

$$\begin{matrix}CH^3\diagdown\\CH^3-C.CO.CH^2.CH^2.CH=CH^2,\\CH^3\diagup\end{matrix}$$

liquide mobile à odeur assez agréable, mais rappelant toujours celle des dérivés allylés. Il bout à 61°-64° sous 14^{mm}.

La *diallylpinacoline* ou *diméthyl-2.2-allyl-4-heptène-6-one-3*

$$(CH^3)^3.C.CO.CH\begin{cases}C^3H^5\\C^3H^5\end{cases}.$$

Cette cétone constitue un liquide moins mobile que le précédent et qui distille à 83°-86° sous 14^{mm}.

(¹) Nef, *Liebig's Annalen*, t. CCCXVIII, p. 167.

Comme nous le verrons dans une prochaine Communication, d'autres cétones non arborescentes se prêtent aux mêmes substitutions que la pinacoline. Quelle que soit la cétone dont on parte, on peut toujours obtenir, comme terme final de l'alcoylation, une *hexaalcoylacétone*.

Les principaux résultats consignés dans cette Note peuvent se résumer de la façon suivante :

1° Au sein de l'éther anhydre, la pinacoline fournit avec l'amidure de sodium un dérivé sodé soluble qui, traité par des iodures alcooliques, donne naissance à un mélange de mono- et de dialcoylpinacolines qu'on peut séparer par distillation fractionnée.

2° Les *trialcoylpinacolines* ne peuvent pas se préparer au sein de l'éther; leur préparation nécessite l'intervention d'un milieu qui bout à une température plus élevée, par exemple la benzine ou le toluène. Dans ces conditions, on peut obtenir ces dérivés avec un rendement pour ainsi dire quantitatif.

3° Tandis que la pinacoline, les monoalcoylpinacolines et quelques dialcoylpinacolines sont susceptibles de se combiner à l'hydroxylamine et à la semicarbazide, les trialcoylpinacolines se refusent à former des oximes et des semicarbazones.

4° Toutes ces cétones, sans exception, peuvent être réduites en alcools secondaires correspondants, quand on les traite par du sodium au sein de l'alcool absolu.

M. **Lannelongue** fait la Communication suivante :

M. J. Regnauld, le 14 décembre 1891, a fait une Communication à l'Académie sur le pied des Hindous, qui confirme ce que j'ai eu l'honneur de dire dans la dernière séance sur le pied en Extrême-Orient. Je suis heureux de lui rendre hommage et de voir que d'autres ont vu ce que j'ai constaté.

M. **Pierre Termier** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Deux conférences de Géologie alpine.*

M. **P. Duhem** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son Ouvrage : *Thermodynamique et Chimie. Leçons élémentaires.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, au choix de deux Membres qui devront faire partie de la Commission du Fonds Bonaparte pour 1910 et 1911.

L'un de ces Membres, choisi dans la Division des Sciences mathématiques, doit remplacer M. *Bouquet de la Grye*, décédé; l'autre remplacera M. *L. Cailletet*, Membre libre sortant, mais non rééligible.

MM. **Violle** et **Alfred Picard** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger qui devra occuper un des postes créés par le Décret du 1er décembre 1909.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 42 :

M. Richard Dedekind obtient . . .	41 suffrages
Sir Norman Lockyer obtient	1 suffrage

M. **Richard Dedekind**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France*, t. XXXVIII, année 1908. (Adressé par le Ministère de l'Intérieur.)

2° *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides* (*Calliphora erythrocephala* Mg), par M. C. Pérez. (Présenté par M. Delage.)

M. **V. Tatin** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales.* Note de M. **H. Andoyer.**

A quelques exceptions près qui ne correspondent qu'à des Tables abrégées de très faible étendue, toutes les Tables de logarithmes trigonométriques publiées jusqu'à ce jour ne sont que des extraits plus ou moins perfectionnés des trois Ouvrages originaux suivants :

1° La *Trigonometria britannica*, de H. Briggs et H. Gellibrand (Gouda, 1633);
2° La *Trigonometria artificialis*, d'Adrien Vlacq (Gouda, 1633);
3° Les *Tables du Cadastre*, calculées en France de 1794 à 1799, sous la direction de G. Riche de Prony, mais non publiées.

La *Trigonometria britannica* renferme les logarithmes des lignes trigonométriques avec quatorze décimales de centième en centième de degré sexagésimal, ce qui est insuffisant et incommode; d'ailleurs la dernière décimale est généralement en erreur de plusieurs unités.

La *Trigonometria artificialis* donne les logarithmes des lignes trigonométriques avec dix décimales, de 10 en 10 secondes sexagésimales; mais la dernière décimale est généralement incorrecte, l'erreur pouvant atteindre six unités.

Le célèbre *Thesaurus logarithmorum completus* de G. Vega (Leipzig, 1794), reproduit dans ces dernières années à l'aide de la photozincographie par l'Institut géographique de Florence, n'est qu'une réédition, avec quelques améliorations, de l'œuvre de Vlacq; la dernière décimale y reste très généralement incorrecte. Les errata qu'on en a publiés sont très incomplets.

Quant aux *Tables du cadastre*, elles sont calculées de 10 en 10 secondes centésimales avec quatorze décimales, mais de façon à assurer seulement l'exactitude de la douzième; leur étendue a été jusqu'à ce jour un obstacle insurmontable à leur publication et le Service géographique de l'Armée en a donné seulement une édition réduite à huit décimales en 1891, en même temps que M. de Mendizabal Tamborrel publiait des Tables analogues.

Les Tables trigonométriques n'ont donc bénéficié que de progrès insignifiants depuis l'invention des logarithmes, et l'œuvre même des fondateurs, Briggs et Vlacq, non surpassée, demeure entachée des nombreuses erreurs qui la déparent, tandis que les Tables du Cadastre restent inutiles à l'état de manuscrit.

D'autre part, les progrès de l'Astronomie de précision, dus en particulier à l'emploi des méthodes photographiques, ont déjà montré, en

plusieurs occasions, l'insuffisance des Tables ordinaires à sept décimales; de sorte qu'il sera nécessaire certainement, dans un avenir rapproché, de mettre à la disposition des calculateurs des Tables sexagésimales à huit ou plutôt neuf décimales: pour les obtenir correctes, le *Thesaurus* de Vega est insuffisant.

Telles sont les raisons qui m'ont déterminé à entreprendre le calcul direct et complet de *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales* qui puissent servir en toute sécurité à toutes les recherches de haute précision, et aussi assurer une base vraiment solide à toutes les publications ultérieures du même genre, mais moins étendues et par suite plus appropriées à la pratique courante.

Ces Tables, qui contiennent comme partie principale les logarithmes des lignes trigonométriques de 10 en 10 secondes sexagésimales, avec quatorze décimales, et qui permettent même d'en obtenir dix-sept si c'est nécessaire, sont maintenant complètement achevées en manuscrit et leur impression va commencer, grâce à une subvention accordée par la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, sur les arrérages de la fondation Commercy.

Les calculs nécessaires à leur établissement ont été faits entièrement par moi, sans emprunter quoi que ce soit aux publications antérieures, les formules fondamentales et les nombres initiaux eux-mêmes ayant été l'objet d'une revision attentive, qui d'ailleurs ne s'est pas toujours montrée superflue.

Les précautions prises pour effectuer les calculs, et le soin que j'ai eu de n'admettre aucun résultat qui ne se trouvât éprouvé, me permettent d'affirmer l'exactitude des résultats à une demi-unité près du dernier ordre décimal.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le troisième trimestre de* 1909. Note de M. J. **Guillaume**.

Il y a eu 67 jours d'observation dans ce trimestre et voici les principaux faits qui en résultent :

Taches. — Le nombre des groupes et la surface totale tachée sont un peu plus forts que dans le précédent trimestre : soit, 45 groupes et 2908 millionièmes au lieu de 32 groupes et 2707 millionièmes de l'aire de l'hémisphère visible.

On a enregistré deux jours sans taches (28 août et 14 septembre) et le mois d'août

a présenté une grande diminution dans l'aire totale tachée par rapport à celle des deux autres mois.

Par contre, les deux groupes suivants du Tableau I ont été visibles à l'œil nu :

Juillet..... 23,4 à +6° de latitude
Septembre..... 23,8 (1) à −6° de latitude

D'autre part, les groupes observés se répartissent ainsi : 25 au lieu de 21 au Sud de l'équateur et 20 au lieu de 11 au Nord.

Régions d'activité. — On a noté 86 groupes avec une surface totale de 89,0 millièmes au lieu de 74 groupes et 82,0 millièmes dans le précédent trimestre.

Le nombre des groupes a été sensiblement stationnaire dans l'hémisphère austral (49 au lieu de 48) et il a augmenté d'environ $\frac{1}{3}$ dans l'autre hémisphère (37 au lieu de 26). Remarquons enfin qu'un groupe de facules s'est montré à −43° de latitude, en août.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet 1909. — 0,00.			
27-15	8	1,0	−1		125
2	1	5,5		+6	2
1	1	6,0	−10		5
1	1	6,7	−19		7
1	1	7,2	−10		2
7-9	3	13,3	−8		23
12	1	14,3		+10	7
12-19	5	15,8		+7	16
19	1	17,0	−14		10
15-27	11	21,7		+6	192
19-22	3	23,1		+13	9
19-30	11	24,3		+6	480
19-24	6	24,3		+11	51
27	1	24,5	−15		14
19-26	7	25,0	−7		49
22-3	11	28,8		+14	111
31-4	4	31,2	−5		12
	24 j.		−9°,9	+9°,1	
		Août. — 0,04.			
4	1	2,5	−15		2
2-9	7	5,9	−17		76
11	1	8,3	−11		5
3-7	5	9,8		+10	15
11-12	2	10,3		+3	6
9-15	6	11,6	−13		33
		Août (suite).			
12-15	4	13,7	−8		6
11-15	5	16,7		+2	7
19	1	17,1	−9		4
13	1	17,2		+7	2
13-18	4	18,4		+9	23
15-20	5	19,5	−19		21
14-24	9	20,3		+7	51
22	1	21,1		+2	8
17-27	4	22,3	−15		15
30-31	2	28,7	−5		10
	24 j.		−12°,4	+5°,7	
		Septembre. — 0,05.			
30	1	1,8	−16		6
30-4	5	6,0		+9	62
6-13	5	7,9	−2		518
4-13	6	8,0	−12		267
11-15	3	14,0	−13		8
15	1	20,3	−16		6
18	1	21,8		+16	6
20-27	6	22,4	−18		41
18-28	8	23,8	−6		570
22-24	3	28,0		+10	8
24	1	29,8		+14	8
28-2	3	30,9		+4	9
	19 j.		−11°,9	+10°,6	

(1) C'est 1,7 jour après le passage de ce groupe au méridien central que s'est produite la très forte perturbation magnétique qui a fait l'objet de plusieurs Communications insérées aux *Comptes rendus*.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1909.	Sud. 90°.	40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet.....	»	»	»	3	6	9		8	5	3	»	»	»		17	1115
Août.....	»	»	»	6	3	9		7	7	»	»	»	»		16	284
Septembre.....	»	»	»	5	2	7		5	3	2	»	»	»		12	1509
Totaux....	»	»	»	14	11	25		20	15	5	»	»	»		45	2908

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1909.	Sud. 90°.	40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet.....	»	»	3	5	5	13		11	5	6	»	»	»		24	29.7
Août.....	1	»	1	11	6	19		15	8	5	2	»	»		34	34,5
Septembre.....	»	»	2	11	4	17		11	3	7	1	»	»		28	24,8
Totaux....	1	»	6	27	15	49		37	16	18	3	»	»		86	89,0

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le phénomène de Purkinje.* Note de M. CH. GALLISSOT, présentée par M. Émile Picard.

Les estimations de grandeur d'étoiles, données dans les principaux catalogues photométriques présentent des différences systématiques qui varient avec l'éclat et la couleur des étoiles observées. L'attribution de ces différences à l'influence du phénomène de Purkinje donnant lieu à des contradictions, j'ai entrepris une série de mesures de laboratoire, dans le but de rechercher si l'on pouvait lever l'incertitude qu'il introduit dans la comparaison de points brillants diversement colorés.

Une première étude fut exécutée en comparant deux points lumineux, rouge et bleu; on fait varier l'éclat d'une étoile artificielle rouge dans un rapport connu, et l'on mesure la variation d'éclat par comparaison avec une étoile artificielle bleue donnée par le photomètre hétérochrome de M. Nordmann, et inversement. Comme dans chaque série de mesures l'image bleue donnée par le photomètre a été étalonnée avec celle de la Polaire donnée par l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon, j'exprime les éclats en grandeurs stellaires; l'éclat h grandeur signifie que le point lumineux considéré a l'éclat que posséderait l'image d'une étoile de grandeur h donnée par un objectif de 28^{cm} de diamètre.

La discussion de plus de 2000 mesures d'éclat conduit aux conclusions suivantes :

1° Le phénomène de Purkinje ne paraît avoir d'influence sensible qu'à partir de la

grandeur 6. (Les comparaisons d'éclats trop brillants manquent de précision et les pointés ne deviennent concordants qu'à partir de la grandeur 4 environ.)

2° La différence entre l'éclat observé et l'éclat calculé augmente au fur et à mesure que l'éclat diminue pour atteindre près d'une grandeur stellaire vers la grandeur 11.

3° Le sens du phénomène pour les points lumineux est l'inverse de celui constaté pour les plages, c'est-à-dire que, si l'on diminue dans le même rapport les éclats de deux points lumineux rouge et bleu estimés de même éclat, le rouge paraît plus brillant.

4° Les mesures effectuées sur les éclats faibles sembleraient indiquer que le phénomène se passe alors pour les points comme pour les plages. A la limite de la visibilité, les teintes ne se différencient pas; on est tenté d'observer par vision oblique, et, dans ce cas, le point bleu jugé primitivement d'éclat plus faible que le point rouge, paraît nettement plus brillant.

J'ai tenu à soumettre la troisième conclusion au contrôle de divers observateurs à l'aide d'une expérience directe.

Deux faisceaux lumineux issus de deux trous A et B éclairés par la même lampe électrique, dont on maintient le voltage constant, donnent par l'intermédiaire d'un jeu de lentilles deux images voisines, que l'on observe à l'aide d'un oculaire. Devant A et B on dispose les écrans colorés. Le faisceau A traversant un système de deux nicols, on peut faire varier l'éclat de l'image de A jusqu'à ce qu'il paraisse être égal à celui de l'image de B. Enfin les intensités des deux faisceaux sont réduites dans le même rapport par l'emploi d'un disque tournant.

Ce dispositif permet de juger directement le sens du phénomène et d'en mesurer quantitativement l'influence. Différents observateurs, en particulier mes collègues M. Guillaume et M. Luizet, ont eu l'obligeance de faire quelques pointés; leurs observations confirment le fait signalé, à savoir l'inversion du phénomène de Purkinje, quand on passe de l'observation de plages lumineuses, cas où la rétine entière est impressionnée, à l'observation de points lumineux que l'on fixe, c'est-à-dire qui font leur image sur la tache centrale.

La sensibilité complètement différente du centre et de la périphérie de la rétine entraîne comme conséquence que dans la formule $\frac{dE}{E} = A\,dS$, qui traduit la loi de Fechner, le coefficient A dépend non seulement de la longueur d'onde excitatrice, mais aussi de la région de la rétine impressionnée.

Au point de vue photométrie stellaire, la discussion des observations d'étoiles montre que le sens constaté pour le phénomène de Purkinje, dans le cas où la région centrale de la rétine est seule intéressée, ne semble généralement pas convenir aux observations d'étoiles variables, faites par la méthode d'Argelander, mais paraît nettement être celui qui intervient dans les mesures effectuées au moyen de photomètres, notamment dans celles de Pickering et de Pritchard.

Le Tableau suivant traduit les résultats de mesures de comparaison par rapport à une image bleue de teintes se rapprochant de celles d'étoiles, le rouge excepté.

Éclats.	Bleu (blanc bleuâtre) grandeur.	Estimation correspondante de l'image.		
		Jaune verdâtre.	Jaune rougeâtre.	Rouge.
1	6,0	6,0	6,0	6,0
$\frac{1}{4}$	7,5	7,46	7,42	7,36
$\frac{1}{16}$	9,0	8,84	8,81	8,68
$\frac{1}{72}$	10,6	10,25	10,18	9,95
$\frac{1}{144}$	11,4	11,03	10,87	10,65

Ces valeurs, malgré le caractère personnel de leur détermination, expliquent d'une façon très satisfaisante les écarts constatés dans les déterminations d'Harvard College, suivant l'instrument employé. Quant aux observations de Potsdam, elles sont en moyenne peu affectées par le phénomène de Purkinje; ceci résulte de la façon même dont sont conduites les mesures.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la mesure des ensembles.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Jordan.

On connaît le mode de mesure des ensembles proposé par MM. Borel et Lebesgue. Un ensemble E réparti sur un segment AB a pour *mesure extérieure* B la borne inférieure de la longueur totale des intervalles, en nombre fini ou infini, où l'on peut enfermer les points de E. La *mesure intérieure* B est l'excès du segment AB sur la mesure extérieure B de E′, ensemble formé par les points de AB qui n'appartiennent pas à E. Un ensemble est dit *mesurable* B si sa mesure extérieure et sa mesure intérieure sont égales. Leur valeur commune est la *mesure* de l'ensemble.

Il est utile, dans les applications si nombreuses de cette théorie, d'en avoir présentes à l'esprit les conséquences suivantes. Elles sont aisées à établir, mais, à ma connaissance, elles n'ont pas été signalées.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble soit mesurable B *est qu'il soit la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles parfaits et d'un ensemble de mesure nulle.*

En d'autres termes : *Si un ensemble* E *est mesurable* B, *il est possible de trouver un ensemble parfait dont tous les points appartiennent à* E, *et dont la mesure diffère de moins de* ε *de celle de* E, *quel que soit* ε *supposé positif.*

Ainsi, dans un ensemble mesurable, *l'élément long, c'est l'ensemble parfait.*

Cantor avait proposé un mode de mesure des ensembles qui, dans le cas des ensembles fermés, donne le même nombre que la mesure de MM. Borel et Lebesgue. Entourons chaque point de l'ensemble d'un segment concentrique à ce point et de longueur 2ρ, *la même pour tous*. Les points intérieurs à l'un au moins de ces segments forment un domaine constitué par plusieurs intervalles. La limite de la longueur totale de ces intervalles quand ρ tend vers zéro est la mesure de l'ensemble au sens de Cantor. Nous l'appellerons *mesure* C.

Cette définition conduit à donner à tout ensemble la même mesure qu'à son dérivé.

On peut songer à perfectionner la mesure C des ensembles en posant le principe suivant : si l'on réunit une infinité dénombrable d'ensembles deux à deux distincts, la mesure de l'ensemble total ne doit pas excéder la somme des mesures des ensembles constituants; et aussi le suivant, plus précis. Décomposons E en une infinité dénombrable d'ensembles; formons la somme des mesures de ces ensembles. La borne inférieure de cette somme, quand la décomposition change arbitrairement, est la mesure de E.

Après cette généralisation très naturelle, la mesure de Cantor coïncide-t-elle avec celle de MM. Borel et Lebesgue pour tous les ensembles mesurables B? D'après la structure de ces ensembles telle que je la décris ci-dessus, il suffit de se poser cette question pour des ensembles de mesure nulle.

Appelons, avec M. Baire, ensembles de première catégorie sur un ensemble parfait P un ensemble constitué par la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles appartenant à P et non denses sur lui. Alors :

Pour qu'un ensemble de mesure B *nulle ait aussi une mesure nulle dans le mode de Cantor généralisé, il faut et il suffit que cet ensemble soit de première catégorie sur tout ensemble parfait de mesure non nulle.*

Donc, *le progrès essentiel et irréductible réalisé par la mesure de Borel-Lebesgue sur celle de Cantor réside dans la mesure des ensembles de mesure nulle;* plus exactement, de ceux qui sont de deuxième catégorie sur au moins un ensemble parfait de mesure non nulle.

Toutes les fois que se présentera isolément un de ces derniers ensembles, toute tentative de fusion des notions de mesure B et de mesure C, tout essai de conversion de l'intégrale de Lebesgue en une infinité dénombrable d'intégrales de Riemann, seront voués à un échec. (Ceci n'a aucun rapport avec l'extension obtenue récemment par M. Borel de la notion de sommabilité due à M. Lebesgue.)

Tout ce qui précède s'étend sans changement aux ensembles à plusieurs dimensions.

Dans un autre ordre d'idées, on sait qu'une fonction de x est en général (sauf aux points d'un ensemble de mesure nulle) la dérivée de son intégrale de Lebesgue prise entre x_0 et x (x_0 fixe). Soit l la longueur de la portion de l'ensemble comprise entre A et le point M de AB dont l'abscisse est x. l est l'intégrale de Lebesgue d'une fonction égale à un sur l'ensemble et à zéro au dehors. Donc, $dl : dx$ est, en général, égal à 1, si M est sur l'ensemble et nul si M est hors de l'ensemble. Donc, *l'élément d'un ensemble mesurable* B *est en général un infiniment petit équivalent à son support, si ce dernier a son origine fixe sur l'ensemble et tend vers zéro. C'est un infiniment petit d'ordre supérieur à celui de son support, si celui-ci a son origine fixe hors de l'ensemble. Les points où ces énoncés sont inexacts forment au plus un ensemble de mesure nulle.*

De même, soit $A(x, y)$ l'aire de la portion d'un ensemble E_2 mesurable, à deux dimensions, comprise dans le rectangle limité par les droites $X = 0$, $X = x$, $Y = 0$, $Y = y$. Les points de E_2 situés sur la droite $X = x$ entre les ordonnées 0 et y forment un ensemble en général mesurable ayant une certaine longueur $p(x, y)$, $q(x, y)$ a une signification analogue, x et y étant échangés. p est continu relativement à y, q relativement à x. On a, sauf en un ensemble de points de mesure nulle $A'_x = p$, $A'_y = q$, et ensuite $p'_y = q'_x$, la valeur commune de ces deux derniers nombres étant 1 sur l'ensemble, 0 en dehors. Ces énoncés résultent aussi des théorèmes de M. Montel sur la condition d'intégrabilité de $p\,dx + q\,dy$ et me paraissent en fournir une des applications les plus simples et les plus générales.

On montre encore que, ρ tendant vers zéro, si un domaine contenu dans un cercle de rayon ρ et de centre fixe M a une aire supérieure à $k\rho^2$ (k étant fixe), *l'élément de* E_2 *contenu dans ce domaine lui est équivalent en mesure, si* M *appartient à* E_2, *est infiniment petit relativement à lui, si* M *n'appartient pas à* E_2. Cela peut être inexact *en un ensemble de mesure nulle.*

De ceci résulte que le nombre appelé par M. Zoretti dans une Note récente, *ramification d'un ensemble parfait en un point*, est partout égal à 1 sauf aux points d'un ensemble de mesure nulle. Il est d'ailleurs possible qu'en ces derniers points sa connaissance rende des services. La ramification en tout point d'un ensemble d'aire nulle est évidemment nulle, puisqu'elle est l'intégrale d'une fonction nulle partout sauf aux points d'un ensemble de mesure nulle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le groupe symétrique et le groupe alterné.* Note de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Jordan.

1. Considérons le système d'équations

$$(\mathrm{S})\quad \left\{\begin{array}{l} a^2=\alpha,\quad b^t=\beta,\quad (ab)^{t-1}=\gamma,\quad (ab^{-1}ab)^3=\delta,\quad (ab^{-j}ab^j)^2=\varepsilon_j.\\ \qquad \alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \delta,\ \varepsilon_j \text{ sont permutables à } a,\ b;\\ t \text{ est } \geqq 2;\quad j=1,2,\ldots,\tau,\quad \tau \text{ étant le plus grand entier } \leqq \frac{t}{2};\\ \text{si } t \leqq 3,\quad \text{il faut supprimer l'équation}\quad (ab^{-j}ab^j)^2=\varepsilon_j;\\ \text{si } t=2,\quad \text{il faut encore supprimer}\quad (ab^{-1}ab)^3=\delta, \end{array}\right.$$

et le système (A) obtenu en adjoignant à (S) les équations

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} c^3=k,\quad (ac)^3=\zeta,\quad (cb^{-k}ab^k)^2=\eta_k,\\ c \text{ est permutable à } \alpha,\beta,\gamma,\delta,\varepsilon_j;\quad k,\zeta,\eta_k \text{ sont permutables à } a,b,c;\\ k=1,\ldots,t-2;\quad \text{si } t\leqq 3,\ \text{il faut supprimer}\ (cb^{-k}ab^k)^2=\eta_k. \end{array}\right.$$

Lorsqu'on réduit les seconds membres à 1, (S) définit le symétrique de degré t, et (A) l'alterné de degré $n=t+2$ [1].

2. Le système des conséquences de (S) entre $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon_1=\varepsilon, \ldots, \varepsilon_\tau$ équivaut au système

$$(\mathrm{S}_0)\quad \left\{\begin{array}{l} \varepsilon_j=\varepsilon;\quad \varepsilon^2=\alpha^4;\quad \delta=\alpha^3 \text{ si } t \text{ est impair};\quad \delta=\alpha\varepsilon \text{ si } t \text{ est pair};\\ \beta^{1-t}\gamma^t\varepsilon^l\alpha^m=1;\\ l=\dfrac{\tau(\tau-1)}{2} \text{ si } t=2\tau;\quad l=\dfrac{(\tau+1)(\tau+2)}{2} \text{ si } t=2\tau+1;\\ m=-\dfrac{t(t-1)}{2}-2l. \end{array}\right.$$

Le système des conséquences de (A) entre $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_\tau, \kappa, \zeta, \eta_1, \ldots, \eta_{t-2}$ équivaut au système (A_0) formé de (S_0) et des équations

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{llll} \text{si } n=t+2 \text{ est } \neq 6, & \eta_k=\eta_1, & \eta_1^3=\alpha^3\kappa^2, & \zeta^2=\alpha\varepsilon\kappa^2,\\ \text{si } n=6, & \eta_3=\eta_1, & \eta_2^3=\eta_1^3=\alpha^3\kappa^2, & \zeta^2=\alpha\varepsilon\kappa^2. \end{array}\right.$$

---

[1] L'équation $(ab)^{t-1}=1$ qui figure alors dans (S) et dans (A) avait été omise dans un travail précédent (*J. M.*, 1902); mais j'ai reconnu depuis qu'elle était nécessaire. Je me servirai dans ce qui suit de la même terminologie que dans ma Note du 29 juillet 1907 (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 303; au n° 3, *il faut lire* $\mu=2$ *au lieu de* $\mu=1$) et dans mes *Éléments de la théorie des groupes abstraits* (Gauthier-Villars, 1904) auxquels je renverrai par la lettre *E*.

3. Le symétrique a deux figuratifs distincts qui sont définis par le système (S) joint à

$$(3)\qquad \alpha=\varepsilon^{x},\qquad \beta=\varepsilon^{\frac{t(t-1)}{2}+t},\qquad \gamma=\beta,\qquad \delta=\varepsilon^{t+x+1},\qquad \varepsilon^{2}=1,$$

t ayant le même sens que dans (S_0); les deux figuratifs répondent aux choix $x=0,1$.

L'alterné de degré $n=t+2$ n'a qu'un figuratif défini par le système (A) joint à

$$(4)\quad \begin{cases} \text{si } n\neq 6, & \alpha=\varepsilon,\quad \beta=\varepsilon^{\frac{t(t-1)}{2}+t},\quad \gamma=\beta,\quad \delta=\varepsilon^{t},\quad \zeta=\eta_1=\varkappa=\varepsilon,\quad \varepsilon^2=1;\\ \text{si } n=6, & \alpha=\beta=\gamma=\zeta=\eta_1=\eta_3=\varkappa=\varepsilon,\quad \delta=1,\quad \varepsilon^2=1,\quad \eta_2^3=\varepsilon,\end{cases}$$

t ayant le même sens que dans (S_0).

L'ordre du multiplicateur pour $n=6$ avait déjà été déterminé par M. Schur (*Crelle*, t. 132, 1907, p. 120).

Dans le cas $n=6$, le groupe K défini par (A) et (4) pour $\varepsilon=1$ admet la représentation imprimitive de degré 18

$$\begin{aligned} a&=\alpha_1\beta_2.\beta_1\gamma_2.\gamma_1\alpha_2.\alpha_3\alpha_4.\beta_3\beta_4.\gamma_3\gamma_4,\\ b&=\alpha_1\alpha_2.\alpha_3\alpha_4\alpha_5\alpha_6.\beta_1\beta_2.\beta_3\beta_4\beta_5\beta_6.\gamma_1\gamma_2.\gamma_3\gamma_4\gamma_5\gamma_6,\\ c&=\alpha_1\gamma_3\gamma_2.\beta_1\alpha_3\alpha_2.\gamma_1\beta_3\beta_2.\alpha_4\gamma_4\beta_4.\alpha_5\beta_5\gamma_5.\end{aligned}$$

On en obtient une représentation linéaire en considérant les variables du groupe de M. Valentiner (sous la forme donnée, par exemple, par M. Gerbaldi, *R. C. M. P.*, 1898, p. 33; cf. Maschke, *M. A.*, t. LI, p. 253) comme non homogènes et en multipliant chaque générateur par une substitution de la forme $|\mu x,\ \mu y,\ \mu z|$, de manière à réduire son déterminant à 1.

4. La spécialité (*E.*, 134) du groupe de Sylow G d'ordre p^m du symétrique S de degré p^m est maxima. Les équations de G se déterminent par récurrence en partant des équations suivantes relatives au cas $m=2$:

$$t_i^p=1,\qquad t_it_k=t_kt_i\quad (i,k=0,\ldots,p-1),\qquad s^p=t_0,\qquad s^{-1}t_is=t_it_{i-1}^{1}\quad (t_{-1}=1).$$

Il y a dans S $p^{\mu}(p-1)^m$ $(\mu=\Sigma_0^{m-1}p^i)$ substitutions permutables à G [1].

---

[1] M. Findlay a étudié G à un autre point de vue (*Transact. of the Am. Math. Soc.*, 1904, p. 263-278).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement d'une fonction arbitraire en séries procédant suivant certaines fonctions fondamentales.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

Supposons que la fonction $p(x)$ de l'équation (1) de ma Note précédente [1] reste positive dans l'intervalle (a, b), et entendons par λ_k et $V_k(x)$ les nombres caractéristiques et les fonctions fondamentales correspondant à l'équation (1), jointe aux conditions aux limites (3), où a_i et b_i satisfont à l'un des trois types de conditions du théorème énoncé dans la Note que je viens de citer.

La méthode développée dans mon Mémoire : *Problème de refroidissement d'une barre hétérogène* (*Annales de Toulouse*, 1901, n°s 15-18, p. 300-305) s'est montrée applicable, presque sans changements, à toutes les fonctions fondamentales tout à l'heure mentionnées.

En appliquant cette méthode, on obtient tout d'abord la proposition suivante : *Quelle que soit la fonction $f(x)$, continue avec sa dérivée première dans l'intervalle (a, b) et satisfaisant aux mêmes conditions aux limites que les fonctions considérées* $V_k(x)$ (voir les équations (3) de ma Note précédente), *on a toujours*

$$\int_a^b p(x) f^2(x)\, dx = \sum_{k=1}^{\infty} A_k^2, \qquad A_k = \int_a^b p(x) f(x) V_k(x)\, dx.$$

De cette proposition on tire ensuite, moyennant la méthode indiquée dans mes Mémoires : *Théorie générale des fonctions fondamentales* (*Annales de Toulouse*, 1905, p. 411-419) et *Sur certaines égalités communes à plusieurs séries de fonctions*, etc. (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1904, n°s 5-9), ce théorème général :

Théorème. — *Quelles que soient les fonctions $f(x)$ et $\varphi(x)$, intégrables dans l'intervalle (a, b), on a, pour toutes les fonctions fondamentales $V_k(x)$ de ma Note précédente, le développement suivant :*

$$\int_a^b p(x) f(x) \varphi(x)\, dx = \sum_{k=1}^{\infty} A_k B_k,$$

$$A_k = \int_a^b p(x) f(x) V_k(x)\, dx, \qquad B_k = \int_a^b p(x) \varphi(x) V_k(x)\, dx.$$

---

[1] *Comptes rendus*, 21 février 1910.

Il s'ensuit immédiatement le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Toute suite de fonctions fondamentales dont l'existence est établie dans ma Note précédente est fermée, pourvu que la fonction $p(x)$ reste positive dans l'intervalle donné (a, b).*

Il est évident, en effet, que toute suite de fonctions $V_k(x)$ orthogonales et normales satisfaisant à l'égalité (1) (l'égalité caractéristique) est nécessairement fermée [1].

L'égalité caractéristique (1) conduit ensuite à ce théorème :

THÉORÈME. — *Soit $V_k(x)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ l'une des suites de fonctions fondamentales satisfaisant aux conditions* (3) *de ma Note précédente, où a_i, b_i sont des constantes appartenant à l'un des trois types signalés dans cette Note* (*Comptes rendus*, 21 février 1910).

Toute fonction $f(x)$ continue admettant la dérivée première dans (a, b) et satisfaisant aux mêmes conditions aux limites que les fonctions $V_k(x)$ se développe en série uniformément convergente de la forme

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k V_k(x), \qquad A_k = \int_a^b p(x) f(x) V_k(x)\, dx.$$

Pour établir ce théorème, il suffit de répéter, avec des modifications légères, les raisonnements du n° 22 de mon Mémoire : *Problème de refroidissement*, etc. (p. 309) ainsi que ceux de ma Note : *Sur un problème d'Analyse intimement lié avec celui de refroidissement d'une barre hétérogène* (*Comptes rendus*, le 8 avril 1907).

Dans certains cas on peut s'affranchir de la restriction que la fonction $f(x)$ satisfasse aux mêmes conditions aux limites que les fonctions $V_k(x)$, ce qui a lieu, par exemple, pour toutes les fonctions fondamentales correspondant au troisième type de conditions aux limites de ma Note précédente.

Les résultats généraux que je viens d'indiquer dans ces Notes contiennent comme des cas particuliers plusieurs résultats obtenus récemment par d'autres auteurs à l'aide de méthodes différentes.

Je remarquerai, enfin, que la méthode adoptée dans ces Notes s'étend

---

[1] Il en résulte que tous les systèmes de fonctions d'une, de deux et de trois variables, énumérés dans mon Mémoire déjà cité : *Sur certaines égalités générales, etc.*, sont *fermés*.

aussi à certaines équations linéaires aux dérivées partielles, par exemple à l'équation connue

$$\Delta u + \lambda p u = 0,$$

où $p(x, y, z)$ est une fonction assujettie à une seule condition d'être continue dans un domaine donné.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Développements suivant certaines solutions singulières.* Note de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

Conservant les notations de ma précédente Communication [1], je vais montrer comment il est possible d'obtenir certains développements [2] suivant les solutions singulières de l'équation intégrale (1).

Des fonctions $\psi_1(x)$, $\psi_2(x)$, ..., telles qu'il n'existe aucune de leur combinaison linéaire, en nombre fini, non identiquement nulle, qui soit conjuguée à elle-même (c'est le cas pour les solutions singulières) peuvent se remplacer par un système linéairement équivalent de fonctions $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ..., conjuguées deux à deux et normées, c'est-à-dire telles que

$$\int\int K(x, y)\,\varphi_p(x)\,\varphi_q(y)\,d(x, y) = \begin{cases} 1 & p = q \\ 0 & p \neq q \end{cases};$$

dans ce qui suit nous supposerons les solutions singulières ainsi normées.

On aura alors, pour une fonction $f(x)$ intégrable et de carré intégrable, en posant

$$f_p = \int\int K(x, y)\,\varphi_p(x)\,f(y)\,d(x, y),$$

la relation

$$I_n = \int\int K(x, y)\left[f(x) - \sum_{p=1}^{n} f_p\,\varphi_p(x)\right]\left[f(y) - \sum_{p=1}^{n} f_p\,\varphi_p(y)\right] d(x, y)$$
$$= \int\int K(x, y)\,f(x)\,f(y) - \sum_{p=1}^{n} f_p^2,$$

et, par suite, la somme $\sum_{p=1}^{\infty} f_p^2$ converge; l'intégrale I_n a une limite pour n infini.

---

(1) *Comptes rendus*, 28 février 1910.

(2) Cf. Hilbert, *Gött. Nachrichten*, 1906, p. 462-472.

En posant

$$f(x) = A(x)\,K(x, z),$$

on obtient :

1° Le nombre des solutions singulières linéairement indépendantes correspondant à une valeur singulière λ est fini ;

2° La série des inverses des cubes de toutes les valeurs singulières, comptées chacune avec son ordre de multiplicité, converge absolument ;

3° La série $\sum \frac{\varphi_p^2(x)}{\lambda_p^5}$ converge uniformément.

D'autre part, si le noyau $K(x, y)$ a la solution singulière $\varphi_1(x)$, on montre aisément que

$$G(x, y) = K(x, y) - \frac{\varphi_1(x)\,\varphi_1(y)}{\lambda_1^2 A(x)\,A(y)}$$

est défini et les noyaux G et K ont les mêmes solutions singulières pour les mêmes valeurs singulières, sauf $\varphi_1(x)$ qui n'appartient pas à G.

Comme application immédiate, dans le cas où le nombre des valeurs singulières est fini, on a

$$K(x, y) = \frac{1}{A(x)\,A(y)} \sum_{p=1}^{n} \frac{\varphi_p(x)\,\varphi_p(y)}{\lambda_p^2} + H(x, y),$$

$H(x, y)$ n'ayant aucune solution singulière, c'est-à-dire

$$\int H(x, t)\,A(t)\,H(t, y)\,dt \equiv 0,$$

d'où [1]

$$K_2(x, y) = \frac{1}{A(x)\,A(y)} \sum_{p=1}^{n} \frac{\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)}{\lambda_p^3}.$$

Des propriétés indiquées plus haut on déduit la convergence pour $p \geqq 3$ des séries

$$S_p(x, y) = \frac{1}{A(x)\,A(y)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)}{\lambda_n^{p+1}},$$

et l'inégalité fondamentale jointe à l'inégalité qui s'en déduit

$$(\alpha) \qquad \iint K(x, y)\,u(x)\,u(y)\,d(x, y) \sqrt{\iint K^2(x, y)\,d(x, y)} \geqq \int dx \left[\int K(x, y)\,u(y)\,dy\right]^2.$$

---

[1] Cf. *loc. cit.*, p. 471.

permet de montrer que

$$K_p(x, y) = S_p(x, y), \qquad p = 3.$$

De la même manière, si la série $S_2(x, y)$ converge uniformément, elle est égale à $K_2(x, y)$.

De ces développements on déduit la conséquence qu'une fonction $h(x)$, conjuguée à toutes les solutions singulières de (1), est telle que

$$\int K_2(x, y)\, h(y)\, dy = 0.$$

Étant donnée une fonction $f(x)$ par la relation

$$f(x) = A(x) \int K_2(x, y)\, g(y)\, dy,$$

$g(y)$ étant continue comme $A(x)$, la série

$$s(x) = f_1\varphi_1(x) + f_2\varphi_2(x) + \ldots$$

converge uniformément; cette série est égale à $f(x)$ [1]; la démonstration se fait en écrivant

$$f(x) = A(x) \int K(x, y)\, q(y)\, dx,$$

puis en posant

$$q(x) = q_1\varphi_1(x) + q_2\varphi_2(x) + \ldots + q_n\varphi_n(x) + r_n(x);$$

tenant compte de la formule trouvée pour le développement de $K_3(x, y)$, on voit que

$$\int\int K(x, y)\, r_n(x)\, r_n(y)\, d(x, y)$$

tend vers zéro, propriété qui, jointe à la relation (α), montre que

$$\int K(x, y)\, r_n(y)\, dy$$

tend vers zéro.

D'une manière analogue, si une fonction $f(x)$ est égale à

$$f(x) = A(x) \int K(x, y)\, g(y)\, dy,$$

on pourra écrire

$$f(x) = f_1\varphi_1(x) + f_2\varphi_2(x) + \ldots + h(x)$$

---

[1] Cf. *loc. cit.*, p. 470.

pourvu que la série du second membre converge uniformément, et la fonction $h(x)$ sera telle que

$$\int K(x, y)\, h(y)\, dy \equiv 0.$$

En particulier, si le noyau $K(x, y)$ est *fermé*, la série sera égale à la fonction $f(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Contribution à la géométrie des courbes planes générales.* Note de M. **Sigismond Janiszewski**, présentée par M. Appell.

Théorème A. — *Soit* C *une courbe plane, qui a au plus un nombre limité de points ou de segments communs avec chaque segment de longueur finie d'une droite arbitraire; je dis que* C *a au moins une tangente en chaque point.*

Je nomme *courbe* un ensemble de points continu (au sens de G. Cantor) et *sans points intérieurs; arc*, une courbe faisant partie d'une autre courbe; *arc simple* AB, un arc comprenant les points A et B et tel qu'on ne peut lui enlever aucun point sans qu'il cesse d'être un arc ou de contenir A et B.

Je nomme *tangente* à une courbe au point A une droite t telle que pour chaque angle S (aussi petit qu'on veut) on puisse trouver un cercle de centre A assez petit pour que la droite AM fasse avec t un angle plus petit que δ pour chaque point M, situé sur un arc de la courbe intérieur au cercle en question et contenant A, mais tel que l'arc simple réunissant deux de ces points ne contienne pas A.

Considérons une suite de cercles $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ de centre A et de rayons $\rho_1, \rho_2, \ldots$; soit $\lim_{n=\infty} \rho_n = 0$. Considérons encore sur C un point P et un arc simple Γ, joignant P à A. L'existence de Γ est garantie par le théorème suivant, facile à démontrer : *Sur une courbe quelconque il existe toujours au moins un arc simple joignant deux de ses points donnés.* Soit P_n un point de Γ entre γ_n et γ_{n+1}; et soit c_n un arc, composé de tous les points de C qui sont réunis avec P_n par des arcs intérieurs à γ_n et ne contenant pas A. La tangente sera définie au moyen de la suite des c_n et dépendra donc uniquement du choix de l'arc Γ. Soit enfin c'_n la partie de c_n située entre γ_n et γ_{n+1}. Menons le diamètre AP_n et déterminons le plus grand angle de sommet A qui renferme le rayon opposé au rayon AP_n et ne renferme aucun point de c'_n. Cet angle peut être égal à zéro, mais il est toujours

déterminé. Soient P'_n et P''_n les points de c'_n, situés respectivement sur l'un et l'autre côté de cet angle. Je dis que AP'_n et AP''_n tendent pour n infiniment grand vers une droite limite commune t, et que t est une tangente de C.

Supposons que la droite t n'existe pas. Alors, ou AP'_n et AP''_n tendent vers des limites différentes; ou bien l'une d'elles au moins, $AP^{(i)}_n$, ne tend vers aucune limite. Dans ce second cas, l'ensemble de demi-droites $AP^{(i)}_n$ a au moins deux demi-droites limites [1]. Un des deux angles qu'elles forment est entièrement couvert une infinité de fois par des angles $P'_nAP''_n$ (par l'angle $P'_nAP''_n$ j'entends celui qui contient P_n à l'intérieur). Car deux angles consécutifs $P'_nAP''_n$ et $P'_{n+1}AP''_{n+1}$ doivent avoir une partie commune; sinon c'_n et c'_{n+1} n'auraient pas de points communs, ce qui est évidemment impossible. Il est donc clair que dans chaque cas il y aura une droite g passant par A et contenue dans l'angle $P'_nAP''_n$ pour une suite infinie de valeurs de $n : n_1, n_2, \ldots$.

Il existe par hypothèse un arc $\overline{c_1}$ réunissant P'_{n_1} et P''_{n_1}, mais ne contenant pas A. Soit δ_1 la plus courte distance de A à c_1 et soit $\rho_{k_1} < \delta_1$; k_λ désignant des nombres contenus dans la suite $n_1, n_2, \ldots$. A ρ_{k_1} correspondent P'_{k_1} et P''_{k_1}, $\overline{c_{k_1}}$, δ_2, et à δ_2 correspond ρ_{k_2}. Continuant ainsi, nous obtiendrons une suite infinie d'arcs $\overline{c_1}$, $\overline{c_{k_1}}$, $\overline{c_{k_2}}$, ... sans points communs et dont chacun est coupé par g. Alors, il y aurait sur un segment de longueur ρ_1 de g un nombre infini de points de C contre l'hypothèse. Donc, la droite t existe.

Pour chaque ε positif donné on peut trouver un entier N tel que l'angle de t avec AM soit plus petit que ε, lorsque M est un point de c_N. Il suffit de prendre N tel que tous les angles $P'_{N+k}At$ et $P''_{N+k}At$ soient plus petits que ε. Donc t est une tangente à C en A.

Théorème B. — *Une courbe* C, *n'ayant, dans un domaine fini quelconque, qu'un nombre fini* K *de points multiples et jamais plus de* N (*entier positif fixe*) *points communs avec une droite quelconque parallèle à l'une de deux directions fixes* α *et* β, *est rectifiable.*

Je nomme *multiple* un point A, si l'on peut trouver plus que deux arcs simples se terminant en A et n'ayant pas d'autres points communs.

Lemme I. — *Une ligne polygonale* L *renfermée dans un losange de côtés*

---

[1] Dans le sens de la théorie des ensembles (*Häufungsstelle*).

de longueur d et n'ayant jamais plus de N points communs avec une droite parallèle à un des côtés du losange a une longueur plus petite que $4Nd$.

Divisons les segments de L en deux classes : la première, composée de segments, qui font un angle plus petit avec l'un des côtés du losange (que j'appelle le premier) qu'avec l'autre; et la seconde classe, composée de tous les autres. Nous projetons les segments de la première classe sur le premier côté par des droites parallèles au second côté; et les segments de la deuxième classe d'une manière analogue sur le second côté. Soit a' la projection d'un segment a. Il est évident que

$$a < 2a' \qquad \text{et} \qquad \sum a' < 2Nd$$

(parce que les a' d'une classe ne peuvent couvrir le côté correspondant du losange plus de N fois). D'où

$$\sum a < 4Nd.$$

Il est facile de démontrer le :

Lemme 2. — *Soient n le nombre de points d'intersection d'une droite avec une courbe quelconque et m le nombre correspondant pour la même droite et une ligne polygonale* inscrite, *c'est-à-dire formée de cordes de la courbe, de telle façon qu'à un point quelconque de la courbe corresponde une et une seule de ces cordes, sauf pour les points communs à la courbe et aux cordes. On a $m \leq n$.*

Je reviens au théorème B. Considérons un losange de côtés parallèles aux directions α et β et qui renferme C. Soit d la longueur de son côté. Je divise ce losange en 2^{2n} losanges congruents. La longueur totale des lignes polygonales quelconques inscrites aux arcs intérieurs aux losanges partiels, contenant les points multiples, est plus petite que $\frac{1}{2^{n-2}}KNd$; elle tend donc vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Il y a au plus 4 N arcs, restant à l'intérieur et ayant leurs extrémités sur la périphérie de chacun des autres losanges partiels. Chacun de ces arcs n'a que deux extrémités. En joignant les extrémités appartenant au même arc, j'obtiens une ligne polygonale inscrite, dont chaque segment est plus petit que $\frac{d}{2^{n-1}}$. Quand n croît, sa longueur totale L_n ne décroît jamais et reste toujours plus petite que $4Nd$. Donc $\lim_{n=\infty} L_n$ existe. Cette limite est la longueur de C.

Car, soit L_n la longueur d'une ligne polygonale inscrite quelconque n'ayant qu'un nombre fini de segments tous infiniment petits avec $\frac{1}{n}$.

On peut trouver pour chaque ε, n, m les entiers n_1, m_1 tels qu'on ait

$$L'_n < L_{n_1} + \varepsilon, \quad L_m < L'_{m_1} + \varepsilon.$$

Ceci démontre que

$$\lim L'_n = \lim L_n.$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes liquides.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. H. Poincaré.

Je désire reprendre ici sommairement une indication qui figure dans un Mémoire présenté antérieurement à l'Académie [1] concernant la propagation des petits mouvements à la surface d'un liquide parfait. Cette propagation a été étudiée pour les profondeurs très petites par Lagrange, pour les profondeurs indéfinies ou constantes (avec dimensions horizontales indéfinies), par Cauchy, Poisson et enfin par M. Boussinesq (voir aussi les *Thèses* de MM. Rousier et Vergne). Dans ces différents cas, l'équation qui régit le phénomène a été formée.

Pour un vase de forme quelconque on a dû jusqu'ici, avec M. Poincaré, tourner la difficulté en se bornant à considérer les solutions périodiques de la forme $f(x, y)\cos\lambda t$.

Il y a cependant quelque intérêt à former l'équation générale à laquelle doit satisfaire le mouvement dans des conditions initiales quelconques. Cet intérêt ne peut qu'être augmenté par une circonstance remarquable qui constitue une des difficultés du problème : à savoir la différence profonde de caractère analytique entre le mouvement interne et le mouvement de surface qu'on doit en déduire.

Nous allons voir d'ailleurs qu'une autre raison a empêché, non seulement d'obtenir cette équation, mais encore de la reconnaître comme telle dans les cas même où on l'a possédée.

L'équation dont il s'agit revêt en effet une forme différente de celle qui se présente en général dans les questions classiques de Physique mathéma-

---

[1] *Mémoires des Savants étrangers*, t. XXXIII, n° 4, p. 37 (fin du Chapitre II).

tique. Ce n'est pas une équation aux dérivées partielles, mais une équation *intégro-différentielle*, suivant une locution due à M. Volterra [1].

Pour l'obtenir, rappelons qu'on a

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{\partial \psi}{\partial z},$$

où $\psi = \frac{d\varphi}{dt}$ est la dérivée par rapport au temps du potentiel des vitesses. La fonction harmonique ψ est définie par les conditions aux limites suivantes :

$$(1) \qquad \begin{cases} \frac{d\psi}{du} = 0 & \text{sur la paroi mouillée } \Sigma; \\ \psi = -gz & \text{sur la surface libre S du liquide.} \end{cases}$$

La détermination d'une fonction harmonique par ces conditions est ce que j'ai appelé [2] *un problème mixte*. On peut regarder un tel problème comme résolu si l'on connaît la *fonction de Green* correspondante $g(M, P)$.

Du moment qu'on se borne à des mouvements assez petits pour que les carrés des déplacements et des vitesses soient considérés comme négligeables, on peut d'ailleurs calculer g comme si le liquide était à l'état de repos, la surface libre étant réduite au plan $z = 0$. La formule qui fait connaître ψ conduit alors à

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{1}{4\pi} g \frac{\partial}{\partial z} \int\int z \frac{dg}{du} dS,$$

où l'intégrale double est étendue à la surface libre, la valeur de z sous ce signe $\int\int$ étant la dénivellation à l'instant considéré.

Prenons le cas du liquide indéfini tant en profondeur que dans ses dimensions transversales. On a alors

$$(3) \qquad g(M, P) = \frac{1}{MP} - \frac{1}{MP'} = \left(\frac{1}{r}\right),$$

en désignant par P′ le symétrique de P par rapport au plan $z = 0$, par r la

---

(1) *Rendic. Acc. dei Lincei*, 2 février 1909. L'équation que nous étudions ici est d'ailleurs d'un type tout différent de celui qui a été traité par M. Volterra. Dans le Mémoire cité plus haut, j'avais employé pour le même objet la dénomination d'*équation intégrale mixte*.

(2) Voir mes *Leçons sur la propagation des ondes*, Chap. I, n° 7. L'étude des problèmes de cette espèce a été notablement perfectionnée dans une récente Note de M. Brillouin.

distance MP et par $[f(M, P)]$ (quelle que soit la fonction f des coordonnées de M et de P) la différence $f(M, p) - f(M, P')$. La formule (2) donne, dans ces conditions,

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{g}{2\pi}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)\int\int \frac{z_M}{r}\, dS_M.$$

Or cette équation avait été déjà écrite, sous une forme équivalente au fond, par M. Boussinesq [1]. C'est elle qui constitue, dans le cas où nous venons de nous placer, l'équation cherchée.

Il y a lieu de se demander immédiatement si cette équation (4) donne l'équation aux dérivées partielles de Cauchy, savoir

$$(5) \qquad \frac{\partial^4 z}{\partial t^4} + g^2\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right) = 0.$$

La réponse est affirmative. Mais si la première de ces équations a comme conséquence la seconde, l'*inverse n'a pas lieu*.

L'équation (5) admet une foule de solutions étrangères au problème.

Tel est évidemment le cas, tout d'abord, pour celles qu'on obtient en changeant g en $-g$ dans (4). Mais il y en a une infinité d'autres, puisque dans (5) on peut se donner arbitrairement z et ses trois premières dérivées par rapport à t, pour $t = 0$, tandis que, en vertu de (4), z et $\frac{\partial z}{\partial t}$, une fois donnés, déterminent $\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$ et $\frac{\partial^3 z}{\partial t^3}$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Questions de Physique mathématique comportant des conditions différentes sur diverses parties d'une même frontière.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Je crois utile de préciser comment les principes que j'ai récemment indiqués s'appliquent lorsque le problème comporte plusieurs fonctions inconnues et plusieurs variables indépendantes sur la frontière.

Je suppose que les équations aux dérivées partielles, d'ordre n, en nombre égal au nombre des fonctions inconnues, sont *linéaires*, et ont pour coefficients des fonctions données des variables indépendantes, finies et continues dans le domaine étudié; de même les conditions à la frontière peuvent être de divers types, *linéaires* par rapport aux fonctions inconnues et à leurs dérivées

[1] Voir la Thèse citée de M. Vergne, p. 34, équation (24).

tangentielles ou normales jusqu'à l'ordre $(n-1)$; on en associe un nombre convenable dans chaque cas.

Soient ξ, η, ζ, τ, les variables indépendantes, et L, M, N, les fonctions à déterminer.

Supposons que la frontière soit définie par $\tau = 0$, et que les ξ, η, ζ restent compris entre des limites qui excluent toute singularité.

Supposons que l'on connaisse trois suites *fermées* d'intégrales simples l_{ijk}, m_{ijk}, n_{ijk}, à trois indices entiers, i, j, k, s'il reste trois libertés sur la frontière; en sorte que les développements

$$L = \sum_{ijk} a_{ijk} l_{ijk}, \qquad M = \sum_{ijk} a_{ijk} m_{ijk}, \qquad N = \sum_{ijk} a_{ijk} n_{ijk},$$

puissent représenter trois fonctions arbitraires données sur la frontière.

Il est toujours facile, dans chaque question particulière, de trouver un mode de groupement déterminé des indices i, j, k, permettant de ranger les fonctions dans un ordre unique, défini à l'aide d'un seul nombre entier p:

$$\text{(I)} \qquad L = \sum a_p l_p, \qquad M = \sum a_p m_p, \qquad N = \sum a_p n_p.$$

2. Substituons dans le premier membre d'une des équations à la frontière les fonctions l_p, m_p, n_p, et faisons $\tau = 0$; nous obtenons une fonction des variables ξ, η, ζ, que je désigne par exemple par f_p. Je désigne par F le résultat des mêmes opérations sur les fonctions L, M, N. L'équation correspondante à la frontière s'écrira

$$\text{(II)} \qquad \sum a_p f_p = F_0,$$

en appelant F_0 la valeur donnée à la frontière pour la combinaison F.

Supposons que la nature du problème comporte (comme pour les plaques) deux conditions à la frontière pour chaque fonction inconnue.

Un premier groupe complet par lui-même (F) se composera de six conditions analogues à (II) pour lesquelles j'emploierai les lettres F, G, H; F′, G′, H′.

Un second groupe, également complet par lui-même (P), se composera de six autres conditions, pour lesquelles j'emploierai les lettres P, Q, R; P′, Q′, R′. Il y en aura généralement d'autres possibles, mais deux suffisent pour indiquer la marche générale à suivre.

Le problème que je me propose de résoudre est de *trouver la forme de développement de* L, M, N, *qui convient pour satisfaire aux conditions du*

premier groupe (F) *sur une partie* D_1 *de la frontière, et à celles du second groupe* (P) *sur le reste* D_2 *de la frontière.*

3. Pour cela, je forme d'abord, de proche en proche, les fonctions orthogonales convenables en posant, avec les mêmes $(p-1)$ coefficients $c_p^1, \ldots, c_p^{p-1}$, dans les quinze équations,

$$\begin{aligned}
\mathcal{L}_p &= c_p^1 \mathcal{L}_1 + c_p^2 \mathcal{L}_2 + \ldots + c_p^{p-1} \mathcal{L}_{p-1} + l_p, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\
\mathcal{F}_p &= c_p^1 \mathcal{F}_1 + c_p^2 \mathcal{F}_2 + \ldots + c_p^{p-1} \mathcal{F}_{p-1} + f_p, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\
\mathcal{R}'_p &= c_p^1 \mathcal{R}'_1 + c_p^2 \mathcal{R}'_2 + \ldots + c_p^{p-1} \mathcal{R}'_{p-1} + r'_p
\end{aligned}$$

et déterminant ces coefficients par les conditions d'orthogonalité de proche en proche $(q < p)$

$$\begin{aligned}
&- c_p^q \left[\int_{D_1} (\mathcal{F}_q^2 + \mathcal{G}_q^2 + \ldots + \mathcal{H}_q'^2)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta + \int_{D_2} (\mathcal{P}_q^2 + \ldots + \mathcal{R}_q'^2)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta \right] \\
&\quad = \int_{D_1} (f_p \mathcal{F}_q + g_p \mathcal{G}_q + \ldots + h'_p \mathcal{H}'_q)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta + \int_{D_2} (p_p \mathcal{P}_q + \ldots + r'_p \mathcal{R}'_q)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta
\end{aligned}$$

sur la frontière, où $\tau = 0$.

4. Cela fait, on prendra les fonctions inconnues sous la forme de développements en fonction des suites $\mathcal{L}_p$, $\mathcal{M}_p$, $\mathcal{N}_p$, fermées comme les suites l_p, m_p, n_p, dont elles dérivent linéairement,

$$L = \sum b_p \mathcal{L}_p, \qquad M = \sum b_p \mathcal{M}_p, \qquad N = \sum b_p \mathcal{N}_p.$$

Les coefficients b_p sont donnés, grâce à l'orthogonalité, par les formules

$$\begin{aligned}
&b_p \left[\int_{D_1} (\mathcal{F}_p^2 + \mathcal{G}_p^2 + \ldots + \mathcal{H}_p'^2)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta + \int_{D_2} (\mathcal{P}_p^2 + \ldots + \mathcal{R}_p'^2)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta \right] \\
&\quad = \int_{D_1} (F_0 \mathcal{F}_p + G_0 \mathcal{G}_p + \ldots + H_0 \mathcal{H}'_p)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta + \int_{D_2} (P_0 \mathcal{P}_p + \ldots + R'_0 \mathcal{R}'_p)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta.
\end{aligned}$$

5. On traitera par exemple ainsi un problème dynamique d'élasticité avec une frontière de forme simple (sphère par exemple), sur une partie de laquelle (D_1) on connaît les déplacements en fonction du temps, tandis que sur le reste (D_2) ce sont les forces que l'on connaît. Dans ce cas, le temps est une des variables qui subsistent à la frontière. On peut aussi bien traiter un problème d'état initial donné; la frontière n'est autre que $t = 0$.

Avec cette méthode, les problèmes n'ont que la difficulté qui résulte

de l'ensemble de leur frontière, tandis que jusqu'à présent la difficulté semblait être colossalement accrue par la subdivision de la frontière en domaines où les conditions étaient différentes (déplacements donnés, ou tractions données, par exemple).

Dans tous les cas, quelle que soit leur complication, les formules sont immédiatement fournies par la méthode des moindres carrés, ainsi que les éléments nécessaires pour une première étude de la convergence des développements.

PHYSIQUE. — *Sur les triplets dissymétriques. Exemple d'une dissymétrie de position proportionnelle au carré du champ magnétique.* Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. J. Violle.

J'ai signalé précédemment [1] un certain nombre de raies du chrome se décomposant dans le champ magnétique en plusieurs composantes dont les positions admettent en première approximation, comme axe de symétrie, non pas la raie initiale, mais une ligne déplacée par rapport à celle-ci vers le violet, d'une quantité très faible, le déplacement observé étant de l'ordre de quelques centièmes de l'écart normal d'un doublet magnétique. Cette dissymétrie de position peut se comprendre, dans le cas des triplets, à l'aide de la théorie de Lorentz, si l'on admet la possibilité d'une modification des propriétés de l'atome auquel appartient l'électron vibrant, sous l'influence du champ magnétique, à la condition que cette modification soit compatible avec la symétrie propre du champ [2]. Dans cette manière de voir, des considérations de symétrie permettent d'établir que, au moins pour les triplets, le déplacement de la ligne de symétrie des composantes par rapport à la raie initiale doit varier suivant une fonction du champ de degré pair qui, en première approximation, se réduit au carré du champ.

On sait que Gmelin et Zeeman ont trouvé antérieurement que la dissymétrie de position présentée par la composante centrale du triplet de la raie $\lambda = 5790$ du mercure obéit à la loi du carré du champ, ce qui fournit une vérification des conclusions précédentes. J'apporte une nouvelle vérification de cette loi.

J'ai en effet étudié à ce point de vue l'une des raies du chrome dont j'ai

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1594; *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 298.

(2) *Société française de Physique*, séance du 3 décembre 1909.

parlé plus haut : la raie $\lambda = 5247,56$. L'étude de cette raie au réseau avait montré que le triplet qu'elle fournit conserve un axe de symétrie qui est la composante centrale; je me suis donc limité à l'étude du déplacement de cette composante centrale par rapport à la raie initiale afin de voir s'il varie aussi proportionnellement au carré du champ.

On a utilisé un interféromètre de Perot et Fabry, à lames semi argentées, distantes l'une de l'autre de 5^{mm}. On forme à l'aide du réseau de Rowland le spectre de la lumière fournie par la flamme à oxyde de chrome afin d'isoler la radiation étudiée, qui sert à éclairer l'interféromètre. On observe les anneaux à l'aide d'une lunette pointée sur l'infini. Un nicol convenablement orienté ne laisse passer que les vibrations parallèles aux lignes de force quand la flamme est dans le champ magnétique. On a aussi fait des photographies des anneaux obtenus dans ces conditions pour différentes valeurs du champ magnétique; par exemple 0, 20000 et 29000 unités.

L'observation visuelle des anneaux et celle des clichés montrent que le diamètre d'un anneau d'ordre d'interférence donné croît quand le champ augmente; ceci indique que la longueur d'onde de la composante centrale du triplet diminue quand le champ croît, résultat conforme à celui fourni par l'étude de cette même raie faite au réseau.

Les mesures faites sur les clichés conduisent au résultat suivant : l'accroissement du carré du diamètre d'un anneau d'ordre d'interférence donné est proportionnel au carré de l'accroissement du champ. La loi du carré du champ est donc vérifiée. Malgré les difficultés expérimentales et la petitesse du déplacement (1), la proportionnalité de ce déplacement au carré du champ se vérifie à 10 pour 100 près.

En résumé, la raie 5247,56 du chrome forme dans le champ magnétique un triplet dont l'axe de symétrie est déplacé vers le violet; cette dissymétrie de position par rapport à la raie initiale croît comme le carré du champ.

ÉLECTRICITÉ. — *Décharge des inducteurs. Capacité des électrodes.* Note de M. **E. Caudrelier**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré (2) que la présence de traits lumineux dans l'étincelle de décharge des inducteurs est due, non pas à la capacité du circuit primaire,

(1) La variation maxima de l'ordre d'interférence au centre des anneaux est de l'ordre de $\frac{1}{3}$, ce qui correspond à 0,09 UA pour une variation du champ de 0 à 32000 unités.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 519 et 1117.

mais à celle des électrodes et du circuit secondaire; je vais décrire aujourd'hui une nouvelle expérience que j'ai réalisée pour appuyer cette manière de voir.

Je me suis servi d'un petit transformateur Rowland, dont les enroulements sont formés de galettes juxtaposées et dont par suite la capacité est aussi réduite que possible; j'ai, d'autre part, constitué les électrodes par des pointes, de façon à supprimer aussi presque complètement leur capacité.

Dans ces conditions j'ai pu vérifier que, du moins dans le cas des faibles distances explosives, l'étincelle était dépourvue de traits lumineux.

Le schéma de montage était le suivant : sur un réseau à voltage constant de 110 volts était branché, avec interposition d'un rhéostat R, le primaire du transformateur Rowland; le secondaire était relié aux deux électrodes *a* et *b* entre lesquelles on dirigeait un courant d'air perpendiculaire à la ligne *ab*. On réglait la résistance R de façon à obtenir au secondaire un potentiel disruptif, correspondant à la distance *ab*.

Pour compléter cette expérience, j'ai vérifié qu'il suffisait, pour faire apparaître les traits lumineux observés par Klingelfuss, de brancher entre *a* et *b*, en parallèle avec la coupure, un condensateur C de très faible capacité.

J'ai fait successivement usage de trois condensateurs de dimensions différentes; ils étaient formés de lames d'étain carrées de 5^{cm}, 15^{cm} et 50^{cm} de côté, séparées par une plaque de verre ou de mica de 3^{mm} d'épaisseur. Les traits lumineux apparaissaient même avec le condensateur de 5^{cm}; ils devenaient de plus en plus brillants, de plus en plus larges et de moins en moins nombreux à mesure qu'on augmentait la capacité C.

La cause essentielle de la production des traits lumineux est donc bien la capacité du système formé par les électrodes et les portions attenantes du circuit, c'est-à-dire l'*Electrodenkapacität* de Töpler [1].

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode de dosage de l'acide tartrique droit.* Note de M. **André Kling**, présentée par M. Troost.

Tous les procédés de dosage de l'acide tartrique proposés jusqu'à ce jour reposent sur la précipitation de cet acide à l'état de sel acide de potassium. Or, sauf le cas, purement théorique, où l'on part d'une solution pure de bitartrate de soude qu'on précipite par un sel de potassium, la réaction de précipitation n'est jamais complète, gênée qu'elle est par un certain nombre de substances qui peuvent se trouver dans la solution ou qui y

[1] *Ann. d. Phys.*, t. II, 1900, p. 560.

prennent naissance du fait même de la réaction (acide minéral mis en liberté par action de l'acide tartrique sur le sel de potassium, etc.).

En outre, on évalue la quantité de bitartrate de potassium formé à l'aide d'un titrage acidimétrique. Or, dans les liqueurs tartriques qui contiennent des alcalino-terreux, il se précipite, en même temps que le bitartrate alcalin, des tartrates neutres alcalino-terreux qui, par suite de leur neutralité, échappent au titrage acidimétrique et par conséquent au dosage d'acide tartrique. Enfin d'autres acides organiques, tels que l'acide malique, dans les conditions où l'on a précipité le bitartrate de potassium, accompagnent en partie ce dernier à l'état de malates, tartromalates, etc., qui viennent également compromettre l'exactitude du dosage.

Pour ces diverses raisons j'ai cherché à précipiter l'acide tartrique autrement qu'à l'état de bitartrate de potasse et, après divers essais infructueux, je suis enfin parvenu au résultat que je poursuivais en utilisant la formation de *racémate de chaux* $(C^4H^4O^6)^2Ca^2, 8H^2O$. Ce sel se forme chaque fois que, dans une solution contenant de l'acétate de chaux en excès, on ajoute à une solution d'acide tartrique ou d'un tartrate droits [1] une solution tartrique gauche ou inversement, et celui des deux acides qui est en excès détermine la précipitation totale de son isomère inverse. Le racémate de chaux est, comme on le sait, un précipité cristallisé en fines aiguilles, à reflets chatoyants, presque rigoureusement insoluble dans l'eau froide, dans l'acide acétique étendu, dans les acides tartriques ou leurs sels, dans les solutions d'acétate de chaux ou de sels ammoniacaux étendues et froides, mais aisément soluble dans les acides minéraux même très dilués. Sa solution dans l'acide sulfurique réduit le permanganate de potasse à l'ébullition dans la proportion de l'acide tartrique total qu'il renferme. Son aspect et sa forme cristalline décelée par le microscope ne permettent pas de les confondre avec les tartrates actifs de chaux.

En présence d'un excès de tartrate droit ou de tartrate gauche de chaux, le précipité de racémate entraîne une petite quantité du tartrate actif en excès (ce qu'on peut constater polarimétriquement dans la solution du racémate en HCl et addition de molybdate d'ammonium qui exalte considérablement le pouvoir rotatoire des acides tartriques). Mais si l'on redissout le racémate dans l'acide chlorhydrique et qu'on le reprécipite par l'acétate de soude en excès, on obtient la totalité du racémate complètement débarrassé de tartrate actif.

---

[1] On sait que les produits naturels ne renferment que l'acide droit ou ses dérivés.

J'ai recherché quelle pouvait être sur la précipitation du racémate l'influence des diverses substances qu'on rencontre à côté de l'acide tartrique dans les produits naturels. Les phosphates, sulfates, bisulfates alcalins; les sels de chaux solubles, les acides acétique, malique, succinique, le glucose, la glycérine, le tannin, les matières colorantes rouges sont sans action aux doses auxquelles on les rencontre dans les vins, cidres, etc. Les sels d'alumine, de fer, d'antimoine, etc., en un mot les sels d'oxydes susceptibles, avec l'acide tartrique, de donner des émétiques gênent la précipitation du racémate, comme ils gênent également celle du bitartrate (ce qui était à prévoir). Les éthers tartriques droits (éthers neutres ou éthyltartrates) ne précipitent sensiblement pas de racémate par le tartrate gauche de chaux, ni à froid, ni à l'ébullition.

Technique du dosage. — 25^{cm^3} de solution tartrique droit à doser (à 3^g à 4^g par litre) sont additionnés de 100^{cm^3} d'eau, de 25^{cm^3} d'une solution à 16^g au litre de sel de Seignette gauche (exempt de droit) et de 20^{cm^3} d'une solution d'acétate de chaux pur (à 30^g par litre). Le précipité filtré, lavé, est redissous en 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 40^g au litre; cette solution chlorhydrique étendue à 150^{cm^3} est additionnée de 40^{cm^3} d'une solution d'acétate de soude (10 pour 100) et d'acétate de chaux (1 pour 100), puis soumise à l'ébullition. Après refroidissement de la liqueur, on filtre; le racémate recueilli est lavé à l'eau, redissous dans de l'acide sulfurique à 10 pour 100 bouillant et titré à *l'ébullition* par une solution de permanganate (à 16^g par litre environ) dont le titre exact a été fixé à l'aide de bitartrate pur.

Résultats.	Acide tartrique par litre. Trouvé.	Théorie.	Méthode officielle au bitartrate.
Solution d'acide tartrique	3,68	3,61	»
Solution d'acide tartrique	1,90	1,92	»
Solution de bitartrate de soude	3,30	3,33	»
Vin fabriqué de toutes pièces au laboratoire	2,01	2,025	»
	2,04	»	»
Même vin *plâtré*	2,05	»	1,80

Une cinquantaine de dosages ayant porté sur des vins naturels d'origines très diverses, analysés par la méthode au racémate, ont donné des résultats toujours très comparables entre eux pour deux dosages successifs d'un même échantillon (au chiffre de la deuxième décimale près) et toujours un peu plus élevés que ceux obtenus par les méthodes au bitartrate qui, pour les raisons que nous avons données plus haut, donnent des résultats entachés d'erreurs par défaut.

Je me propose de poursuivre l'application de cette méthode au dosage d'acide tartrique dans les divers produits alimentaires, les tartres et les lies.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Pouvoir de diffusion de certaines matières colorantes artificielles.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

Parmi les matières colorantes artificielles employées comme étant solubles dans l'eau, on peut supposer que les unes forment des solutions véritables, et d'autres de fausses solutions ou solutions colloïdales.

Les dissolutions aqueuses de ces matières paraissent, du reste, également limpides et se filtrent à peu près de même, sur les papiers à filtrer usuels.

L'étude de la diffusion des matières colorantes m'ayant révélé de très grandes différences dans l'état de leurs solutions, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats que j'ai obtenus dans cette voie.

Dispositif employé. — 1^g de chaque matière colorante a été dissous dans 1^l environ d'eau distillée chaude; la solution, après avoir été abandonnée au refroidissement, a été complétée à 1^l avec de l'eau distillée, et filtrée sur un filtre en papier. Les solutions limpides ainsi obtenues ont été soumises à la diffusion : dans certains cas, la proportion de 1 pour 1000 a dû être diminuée, par suite de la solubilité insuffisante, à froid, de la matière colorante.

10^{cm^3} de chacune de ces solutions colorées ont été placés dans un tube de diffusion, cylindrique, n° 579, de Schleicher et Schüll, mesurant 100^{mm} haut. pour 16^{mm} diam. Ce tube de diffusion a été fixé par du collodion sur un tube en verre de même diamètre. L'appareil diffuseur a été plongé dans un poudrier de verre, fermé par un bouchon donnant passage à l'appareil diffuseur, et contenant 250^{cm^3} d'eau distillée de manière que l'eau du tube de diffusion et celle du vase extérieur se trouvent au même niveau.

Le diffuseur et l'eau extérieure ont été laissés en contact pendant 24 heures à la température ordinaire, pour toutes les déterminations. Dans certains cas la durée et la température ont été élevées beaucoup.

J'ai observé, tout d'abord, que certaines matières colorantes passaient très rapidement dans l'eau distillée; d'autres passaient plus lentement avec des vitesses variables; d'autres, enfin, ne sortaient pas du diffuseur, même au bout d'un temps très long, et à une température voisine de la température d'ébullition de l'eau.

La coloration de l'eau extérieure a permis de mesurer les quantités de matières colorantes passées dans chaque cas dans l'eau extérieure de manière à les comparer à la quantité initiale placée dans le diffuseur.

Matières colorantes expérimentées. — J'ai choisi des matières colorantes appartenant à divers groupes chimiques, en me guidant sur les formules

moléculaires : voici celles qui ont été étudiées :

Matières colorantes.	
Nitrées	Acide picrique, binitro-α-naphtol, jaune naphtol S.
Monoazoïques	Orangé II.
Disazoïques	Rouge Congo, noir diamine BH, bleu diamine 3 R.
Trisazoïques	Rouge de Saint-Denis, vert diamine.
Dérivées du triphénylméthane.	Vert malachite, fuchsine, violet cristallisé, fuchsine S, bleu de diphénylamine, vert au méthyle.
Pyroniques	Rhodamine, éosine.
Thiaziniques	Bleu méthylène.
Safraniques	Safranine G.

Voici les résultats obtenus : (A) tube de diffusion, contenant 10^{cm^3} de dissolution aqueuse de matière colorante à 1 pour 1000; (B) eau du vase extérieur, 250^{cm^3} d'eau distillée.

Diffusion des matières colorantes.

Matières colorantes.	Quantité initiale en (A).	Fraction diffusée en (B) après 24 heures à la température ordinaire.
	g	
Acide picrique	0,01	59,50 pour 100
Binitro-α-naphtol	0,0015	29,64 »
Jaune naphtol S	0,01	30,62 »
Orangé II	0,01	24,75 »
Rouge Congo	0,01	0,00 »
Noir diamine BH	0,01	0,00 »
Bleu diamine 3R	0,01	0,00 »
Rouge de Saint-Denis	0,01	0,00 »
Vert diamine	0,01	0,00 »
Vert malachite	0,01	3,12 »
Fuchsine	0,01	27,35 »
Bleu de diphénylamine	0,01	0,00 »
Vert au méthyle	0,01	6,65 »
Rhodamine	0,01	18,86 »
Éosine	0,01	2,00 »
Bleu méthylène	0,01	0,99 »
Safranine G	0,01	0,50 »

L'expérience a été prolongée pour les matières colorantes n'ayant pas diffusé au bout de 24 heures à la température ordinaire. Aucune diffusion ne s'est produite jusqu'ici, pour le Congo (50 jours), le noir diamine (20 jours), le bleu diamine, le rouge de Saint-Denis, le vert diamine (tous les trois, 30 jours).

A la température de 90° maintenue à l'étuve, pour le tube de diffusion et l'eau extérieure, le rouge Congo n'a laissé diffuser aucune trace de matière colorante, au bout de 48 heures.

Si l'on classe les matières colorantes d'après l'ordre décroissant de leur pouvoir diffusif, en inscrivant, à côté de la fraction diffusée :

1° Le nombre d'atomes de carbone;

2° Le nombre de noyaux benzéniques, contenus dans leur molécule.

On obtient le Tableau suivant :

Matières colorantes.	Fractions diffusées pour 100.	Nombre d'atomes de carbone.	Nombre de noyaux benzéniques.
Acide picrique	59,50	6	1
Jaune naphtol S	30,62	10	2
Binitro-α-naphtol	29,64	10	2
Fuchsine	27,35	20	3
Orangé II	24,75	16	3
Rhodamine	18,86	28	3
Vert méthyle	6,65	24	3
Vert malachite	3,12	23	3
Fuchsine S	2,49	20	3
Éosine	2,00	20	3
Bleu méthylène	0,99	18	2
Safranine G	0,50	20	3
Violet cristallisé	0,47	25	3
Rouge Congo	0,00	32	6
Bleu diamine 3R	0,00	34	6
Vert diamine	0,00	35	6
Rouge de Saint-Denis	0,00	36	6
Bleu de diphénylamine	0,00	37	6
Noir diamine BH	0,00	32	6

Le type chimique ne paraît pas avoir d'influence sur la diffusion. Les matières colorantes, dont le pouvoir diffusif est nul, se font remarquer par une forte condensation moléculaire; elles existent dans l'eau, à l'état de fausse solution, sous forme de granules solides, extrêmement divisés, n'altérant pas la limpidité apparente, à l'œil nu, de la solution.

Les matières colorantes de ce groupe sont celles qui forment la catégorie des couleurs dites *substantives;* elles se fixent indifféremment sur tous les textiles, en vertu de l'attraction moléculaire, suivant le mécanisme que j'ai indiqué, à propos de la fixation des matières colorantes insolubles

(*Comptes rendus*, 21 février 1910) : leur fixation est facilitée par la très grande division des granules qui les constituent.

En résumé, l'étude de la diffusion montre que les matières colorantes considérées comme étant solubles dans l'eau forment deux groupes très nets : les matières du premier groupe donnent de véritables solutions (l'acide picrique en est le type); celles du deuxième sont, à proprement parler, insolubles et forment de fausses solutions (type rouge Congo).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du trichlorure de phosphore sur le gaïacol.* Note [1] de M. **Pierre Dupuis**, présentée par M. A. Haller.

En réagissant sur le gaïacol le trichlorure de phosphore donne naissance à trois composés :

Le chlorure monogaïacophosphoreux, $CH^3OC^6H^4OPCl^2$;

Le chlorure digaïacophosphoreux, $(CH^3OC^6H^4O)^2PCl$;

Le phosphite de gaïacol, $(CH^3OC^6H^4O)^3P$.

Ces trois corps se forment toujours, quelles que soient les proportions des corps réagissants, et il n'y a pas de diméthylation sensible au-dessous de 180°.

Les chlorures d'acide obtenus se décomposent instantanément en présence de l'eau en gaïacol, acide phosphoreux et HCl et en aucun cas je n'ai pu obtenir d'acide phosphoreux substitué. Le phosphite de gaïacol se décompose intégralement en acide phosphoreux et gaïacol.

La décomposition lente de tous ces produits par l'air humide donne toujours un peu de phosphore.

Dichlorure monogaïacophosphoreux : $CH^3OC^6H^4OPCl^2$. — Je l'obtiens en chauffant au bain d'huile, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, 100g de gaïacol et 150g de PCl^3 entre 115°-120° jusqu'à ce que HCl correspondant à la formule ci-dessous soit entièrement dégagé

$$CH^3OC^6H^4OH + PCl^3 = CH^3OC^6H^4OPCl^2 + HCl$$

Après avoir chassé PCl^3 par distillation, le produit, fractionné dans le vide sous 13mm, donne une portion passant à 135° qui constitue $CH^3OC^6H^4OPCl^2$.

C'est un liquide incolore, fumant à l'air, très réfringent $n_D^{21°} = 1,568$, très soluble dans la benzine, l'éther, le sulfure de carbone.

Poids moléculaire par cryoscopie dans $C^6H^6 = 227$; calculé 225.

---

[1] Présentée dans la séance du 28 février 1910.

Tétrachlorure : $CH^3OC^6H^4OPCl^4$. — Le dichlorure, dissous dans l'éther anhydre et refroidi très énergiquement, fixe 2^{at} de Cl pour donner un corps solide, jaune, analogue au PCl^5, et qui traité par SO^2 se transforme en $CH^3OC^6H^4OPOCl^2$ (¹). Extrêmement hygrométrique, il est très peu soluble dans les solvants organiques.

Chlorure digaïacophosphoreux : $(CH^3OC^6H^4O)^2PCl$. — On l'obtient très facilement en traitant 100^g de gaïacol par 55^g de PCl^3 jusqu'à dégagement complet de HCl vers 150°. Le produit fractionné dans le vide passe à 235° sous 13^{mm}.

Huile incolore, très réfringente. $n_D^{21^\circ} = 1,586$ soluble dans la benzine, l'éther et la plupart des solvants organiques.

Poids moléculaire dans $C^6H^6 = 307$, calculé 312,5.

Trichlorure : $(CH^3OC^6H^4O)^2PCl^3$. — Obtenu par le même procédé que le tétrachlorure.

Traité par SO^2, il donne le chorure de digaïacophosphoryle (¹). Corps blanc jaunâtre très hygroscopique, très peu soluble dans les solvants organiques.

Phosphite de gaïacol : $(CH^3OC^6H^4O)^3 \equiv P$. — On l'obtient en traitant 100^g gaïacol par 40^g de PCl^3, jusqu'à dégagement complet de tout l'acide chlorhydrique formé, sans dépasser 160°.

Le produit fractionné dans le vide à 275°-280° sous 13^{mm} donne une huile incolore, qui se prend par refroidissement en de beaux octaèdres cubiques fusibles à 59°.

Ce corps ne présente aucune des propriétés du phosphite de gaïacol préparé par Ballard (²), par l'action du PCl^3 sur le gaïacol sodé en présence d'alcool absolu. Le produit obtenu par ce dernier mode de préparation laisse à la calcination au rouge vif un résidu de 30 pour 100 de son poids d'un corps alcalin, très probablement du métaphosphate de soude. En présence de l'eau ce produit n'est pas décomposé.

Le phosphite de gaïacol, obtenu en partant du gaïacol et du trichlorure de phosphore, est décomposable par l'eau quantitativement en gaïacol et acide phosphoreux.

C'est un corps blanc, cristallisant en octaèdres cubiques, solubles dans l'éther et le benzène.

BOTANIQUE. — *Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la mission scientifique de l'Afrique occidentale) : excitants, gommes et résines, divers.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Excitants. — Deux Caféiers ont été rencontrés à l'état sauvage dans la forêt vierge : en 1907, nous avons décrit le *Coffea humilis* A. Chev. qui croît dans la partie occidentale de la Colonie (³). Tout récemment un chef de poste, M. de Gandillac, nous a fait observer près d'Assikasso un Caféier arborescent sauvage tout à fait identique au *Coffea excelsa* A. Chev. que la

(¹) Auger et Dupuis, *Comptes rendus*, 1er juin 1908.

(²) Ballard, *Chemisches Centr. Blatt*, 1897, II, 49; 1898, I, 811; D. R. P. 95578.

(³) *Comptes rendus*, 1907.

Mission Chari-Tchad découvrit en 1902 et 1903 dans les bassins du Haut-Chari et du Haut-Oubangui [1]. Ce précieux arbre donnant un café de toute première qualité se rencontre en plusieurs points de la Côte d'Ivoire de sorte que son aire de distribution géographique est beaucoup plus étendue qu'on ne l'avait supposé.

Les *Kolatiers* doivent aussi être mis au rang des essences les plus utiles de la Côte d'Ivoire. En beaucoup de points de la forêt jusqu'au sixième parallèle ils existent à l'état spontané; ailleurs on les retrouve domestiqués autour des villages; enfin à la lisière nord de la forêt ils sont l'objet d'une culture soignée (haut Cavally; pays des Bêtés, des Lòs, des Gouros, des Ngans).

Nos études ont apporté quelque lumière sur la systématique confuse des espèces productrices de noix de Kola. Dans le bas Cavally, les Krommen possèdent des représentants de l'espèce *Cola acuminata* P. B., caractérisée par ses amandes à 3 ou 5 cotylédons. Cette espèce non spontanée à la Côte d'Ivoire a été certainement rapportée du Dahomey ou de San Thomé, où ces indigènes vont parfois travailler.

Sa multiplication ne doit pas être encouragée puisque les noix qu'elle fournit sont de qualité inférieure.

Les noix à deux cotylédons, les plus recherchées, sont fournies par des arbres tous d'aspect semblable et impossibles à distinguer dans les herbiers mais qu'on peut cependant grouper en trois catégories sur le vif :

1° Le Kola rouge des Achantis (*Cola astrophora* Warburg), caractérisé par ses noix toujours rouges et constamment à deux cotylédons. Très répandu à la Gold-Coast, il existe à la Côte d'Ivoire, surtout à l'état sauvage, dans les profondeurs de la forêt, où quelques noix atteignent le poids exceptionnel de 60^g à 90^g. Les noix de commerce pèsent de 15^g à 30^g, ce qui montre que la culture indigène n'a pas accru la dimension des graines.

2° Le Kola blanc des Ngans, que nous proposons de nommer *Cola alba* A. Chev. C'est une espèce jordanienne caractérisée par ses amandes d'abord blanches, puis blanc jaunâtre ou blanc verdâtre après la cueillette. Généralement les fleurs sont d'un blanc pur sans stries pourpres sur le calice, comme cela existe dans les autres espèces affines et même dans l'hybride mentionné ci-dessous. C'est cette espèce que M. Binger désigne sous l'appellation inexacte de Kola blanc de l'Anno. Il existe peu de Kolatiers dans l'Anno,

---

[1] *Comptes rendus*, 1905.

mais les Soudanais passent par l'Anno pour aller faire les achats de Kolas chez les Ngans. Nous avons rencontré aussi quelques plants de cette espèce dans le Kissi (Guinée française). Contrairement aux assertions de diverses publications coloniales, les noix blanches sont très appréciées et se vendent aussi cher que les noix rouges sur les marchés du Soudan.

3° La forme la plus répandue dans les plantations de la Côte d'Ivoire, du Libéria, de Sierra Leone et de la Guinée française est sans aucun doute un hybride qui a été propagé par la culture. Il se caractérise par la présence d'amandes rouges et d'amandes blanches sur le même arbre et très souvent dans les mêmes follicules ; enfin sur 100 noix on trouve environ 75 rouges et 25 blanches, ce qui est une proportion conforme à celle qui est habituelle dans les lignées d'hybrides. Aux noix rouges et blanches sont parfois associées quelques noix de teinte rosée intermédiaire.

C'est certainement, d'après la provenance, cette plante que K. Schumann a nommée *Cola vera*, désinence que nous lui conserverons, bien que l'auteur n'ait point soupçonné l'origine hybride. Les deux espèces ci-dessus n'étaient, du reste, pas connues, et c'est seulement par l'examen sur place de milliers d'exemplaires vivants de Kolatiers à l'époque de la floraison et de la fructification, et dans les régions les plus variées de l'Ouest africain, qu'il nous a été possible de préciser l'origine botanique des noix de Kola.

La conclusion pratique qui découle de ces observations est qu'il n'y a pas intérêt, selon nous, à cultiver l'hybride, mais il est préférable de cultiver les types purs en recherchant les semences sur les arbres sauvages produisant de grosses noix.

Il sera toutefois nécessaire d'établir les plantations de chaque espèce loin d'autres kolatiers, pour que la création naturelle d'hybrides puisse autant que possible être évitée.

Gommes et résines. — Une Légumineuse, l'*Albizzia fastigiata* E. Meyer, répandue dans les clairières de la forêt, laisse exsuder une gomme très analogue à la gomme arabique fournie par les quelques Acacias du nord du Soudan.

Deux Burséracées du genre *Canarium* (*C. Chevalieri* Guillaumin et *C. occidentalis* A. Chev.) produisent un *élémi* employé par les indigènes, mais qu'on n'exporte pas encore. Il convient de signaler aussi un *Balanites* encore inédit qui fournit en grande quantité une résine brune, odorante, connue sous le nom de *Korobo* et que les femmes emploient comme cosmétique après l'avoir broyée et mélangée à l'huile de palme. Mais le produit le plus intéressant pour l'Europe est la *gomme copal* fournie par le *Copaifera Guibourtiana* Benth. Ce produit, que la Guinée française et Sierra Leone exportent en grande quantité, n'est pas encore exploité à la Côte d'Ivoire et cette colonie peut en produire des quantités illimitées.

Divers. — Plusieurs essences reconnues dans la forêt vierge de l'Ouest africain peuvent fournir d'autres produits intéressants. Nous mentionnerons seulement un palmier très commun dans les dépressions marécageuses de la forêt, le *Raphia longiflora* Mann et Wendl, qui donne des fibres aussi longues que celles des *Raphia* de Madagascar.

La même espèce de Palmier ainsi que le *Raphia Hookeri* Mann et Wendl renferment dans les pétioles des feuilles des fibres rigides donnant le produit connu dans le commerce sous le nom de *piassava*. Enfin une Urticacée, l'*Antiaris toxicaria* Lesch. var. *africana* Scott. Elliot, possède des fibres entrecroisées qui fournissent aux indigènes, après rouissage de l'écorce, des tissus tout confectionnés.

BOTANIQUE. — *Sur les modes d'ouverture des akènes et des noyaux, au moment de leur germination.* Note de M. **Auguste Joxe**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les akènes et les drupes appartiennent, comme on sait, à la catégorie des fruits indéhiscents et sont reliés par bien des intermédiaires; akènes et noyaux sont le plus souvent uniloculaires et uniséminés. Les embryons renfermés dans ces fruits ne se libèrent du péricarpe que lors de la germination. On s'accorde généralement à dire que, sous les efforts de gonflement de la graine germant, le péricarpe se brise ou se déchire d'une façon quelconque. Et tandis que d'importants travaux ont été consacrés à la déhiscence vraie des fruits à la maturité, par contre cette sorte de déhiscence tardive qu'est l'ouverture du fruit à la germination a été presque complètement négligée: de rares auteurs, pour quelques cas isolés, signalent très incidemment que l'ouverture se fait avec une certaine régularité.

J'ai entrepris une étude d'ensemble sur ce sujet délaissé de la morphologie des plantes à fleurs. J'ai borné mon travail aux familles et aux genres de la flore française, sauf pour quelques observations portant sur des plantes étrangères presque toutes communément cultivées. La présente Note a pour objet l'exposé des résultats généraux de cette étude, aujourd'hui en voie d'achèvement.

Au point de vue très spécial que j'envisage, les fruits dont je m'occupe peuvent être classés en deux catégories: ceux dont le péricarpe reste entièrement ou presque entièrement parenchymateux, traversé seulement par les faisceaux conducteurs (akènes des Rubiacées indigènes, de certaines Salsolacées); et ceux dont le péricarpe possède une couche scléreuse

plus ou moins développée (drupes; akènes des Rosacées-Dryadées, des Renoncules, des Borraginées, etc.). Dans les premiers, une déchirure irrégulière se fait à la germination; ils n'offrent aucun intérêt. Dans les seconds, à part quelques exceptions, les lignes d'ouverture sont, dans leur position sur le fruit, constantes pour une espèce déterminée.

L'agent mécanique de l'ouverture est dans tous les cas la poussée interne produite par la graine germant.

Cette poussée est presque toujours progressive, commençant par la croissance de la radicule qui agit à la façon d'un coin, et se continuant par l'épanouissement des cotylédons; de sorte que les lignes d'ouverture partent presque toujours du point du péricarpe contre lequel s'appuie la pointe de la racine : base du fruit dans les composées, les Renonculacées-Renonculées, les Labiées à style basal; sommet du fruit dans les Renonculacées-Clématitées et Renonculacées-Anémonées, dans les Borraginées à style basal, etc.

Il s'agit donc ici, en quelque sorte, d'une *déhiscence passive*, comparable à celle du fruit du Fusain (à laquelle M. Leclerc du Sablon a appliqué ce terme).

Cependant, quelques noyaux ou akènes présentent une véritable déhiscence. Les noyaux des Amygdalées, soumis à la dessiccation, acquièrent une fente ventrale très nette, due au décollement des deux bords carpellaires.

Remarques sur la place des lignes d'ouverture. — La place des lignes d'ouverture est déterminée histologiquement par des régions de plus faible résistance : on retrouve pour les fruits indéhiscents les dispositions structurales des fruits déhiscents.

a. Lames de cellules peu ou point lignifiées traversant la couche scléreuse du fruit. Le plus souvent, ces lames sont longitudinales : chez les Chicoracées, où elles sont au nombre de cinq dans le tiers inférieur du fruit ; chez les Juglandées, où deux lames de petites cellules aplaties et non lignifiées correspondent à la nervure médiane des deux carpelles (*Juglans*, *Carya*, *Pterocarya*). Rarement elles sont courbes, circonscrivant un opercule qui sera repoussé et détaché par la radicule croissante (*Beta*, *Bunias*, *Erucago*, *Potamogeton*).

b. Lames de cellules lignifiées ayant un diamètre plus petit, des parois plus minces et moins contournées que celles du reste de la couche scléreuse. Le plus souvent longitudinales, comme dans l'akène de *Fumaria* qui s'ouvre le long de ses deux bords, dans ceux de certaines Cupulifères et Bétulinées; elles sont parfois courbes, circonscrivant un opercule (noyaux des *Cornus*, et, avec quelque complication, akènes des Labiées à style terminal et des Héliotropiées).

c. Orientation différente des cellules ou fibres lignifiées : Le noyau de l'olive

s'ouvre par deux fentes longitudinales. Le long des lignes de fente, les fibres scléreuses, qui dans tout le reste du noyau sont disposées à peu près tangentiellement, se disposent radialement. De même pour la ligne dorsale des noyaux et akènes de beaucoup de Rosacées (certains *Prunus*, *Potentilla*).

d. Simple décollement d'épidermes carpellaires rapprochés, lignifiés (*Cratægus Pyracantha*) ou non (*Prunus*).

Influence de la forme du fruit. — La forme du fruit peut avoir une influence sur la distribution des lignes de faible résistance : aux angles des fruits de Labiées à style basal, de Polygonées, les cellules scléreuses de l'épiderme, gênées dans leur développement transversal, restent plus étroites, à parois plus faibles. Des observations analogues peuvent être faites sur les fruits de Cupulifères (*Carpinus*, *Ostrya*).

Influence de la marche de la sclérification. — Les Composées-Carduacées présentent une grande constance dans la structure de leurs fruits, et dans l'ouverture à la germination. Celle-ci se fait par deux lignes longitudinales correspondant à des angles souvent peu saillants extérieurement. La sclérification ne les gagnant qu'en dernier lieu, elles en gardent une certaine faiblesse. Remarques analogues chez des Cupulifères (*Carpinus*).

Applications à la systématique. — Les akènes ou les noyaux de certains groupes naturels présentent un mode d'ouverture constant, correspondant à une constitution morphologique et anatomique du fruit qui est constante dans tout le groupe considéré. Tel est, par exemple, le grand groupe ancien des Urticacées (Urticées, Cannabinées, Ulmacées, Celtidées, Morées, etc.). Tel est encore le groupe des Composées-Liguliflores.

Ailleurs, les variations d'ouverture du fruit concordent avec les subdivisions de la famille naturelle, comme dans les Labiées et les Borraginées.

Les Labiées à style terminal (*Ajuga*, *Teucrium*) ne diffèrent pas seulement des Labiées à style basal (*Lamium*, *Stachys*, *Melissa*) par l'attache du style et quelques autres caractères secondaires, mais, comme l'a montré M. Van Tieghem, par une disposition très différente des carpelles. J'ai constaté que l'ouverture des fruits, operculaire dans les premières, longitudinale dans les secondes, est en rapport avec l'organisation carpellaire et vient s'ajouter aux autres caractères différentiels.

Chez les Borraginées, la même différence s'observe entre celles à style terminal (*Cynoglossum*, *Omphalodes*) et celles à style basal (*Pulmonaria*, *Borrago*, *Lithospermum*, *Echium*).

Les Héliotropiées (*Heliotropium*, *Tournefortia*) ont une ouverture operculaire comme les Cynoglosses. Il y a là un véritable phénomène de con-

vergence, car l'organisation carpellaire des Cynoglosses, des Héliotropes et des Germandrées n'est pas la même.

Enfin, dans d'autres groupes naturels, les variations de structure et d'ouverture du fruit peuvent venir s'ajouter à d'autres caractères pour la détermination des affinités entre les genres.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la variation dans le greffage et l'hybridation asexuelle.* Note de M. **Ed. Griffon**, présentée par M. Ed. Prillieux.

En 1905, désirant me faire une opinion personnelle sur la question à l'ordre du jour de l'*influence réciproque du sujet et du greffon* dans ses rapports avec l'*hybridation asexuelle*, j'ai commencé des expériences en prenant comme espèces et variétés celles qui avaient été utilisées par M. Daniel au cours de ses longues recherches.

Je n'ai rien publié, à part, des résultats obtenus en 1905, car je désirais simplement, cette année-là, me familiariser avec un genre de recherches encore nouveau pour moi. J'ai repris, en 1906, une partie des essais de 1905; j'en ai exécuté d'autres et j'ai continué en 1907, 1908, 1909 et 1910. Ces essais ont été effectués sur des milliers d'individus, dans le Jardin botanique de l'École nationale d'Agriculture de Grignon où de nombreux horticulteurs et botanistes ont pu les contrôler. J'ajoute qu'ils ont porté principalement sur les variations morphologiques consécutives au greffage et cela, avec des plantes herbacées seulement [1].

Dans ces conditions, je ne puis avoir la prétention de tirer des conclusions définitives et générales sur la variation dans la greffe. Il y a bien d'autres questions à envisager dans ce vaste domaine; je ne l'ignore pas, et plusieurs d'entre elles, du reste, sont déjà à l'étude. En outre, je crois bon de faire observer qu'il est absolument nécessaire de bien préciser la nature de semblables recherches, sans quoi on expose le lecteur non averti à commettre des confusions étranges et à se faire une opinion inexacte des travaux entrepris et de leurs conséquences pratiques.

1° Quand un greffon est implanté dans un sujet sous forme de rameau ou d'écusson par une greffe simple, les bourgeons qu'il possède vont-ils donner des pousses influencées spécifiquement par le sujet, c'est-à-dire présentant des caractères de ce dernier que le greffon ne possède pas lui-même normalement? La question ainsi posée est déjà fort complexe. Il y a lieu, en effet, de distinguer, suivant les cas, des caractères morphologiques, biolo-

---

[1] Ed. Griffon, *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1907, p. 699; 1908, p. 397; 1909, p. 203 et 612.

giques, chimiques et pathologiques et l'on n'a pas le droit de conclure de l'apparition des uns dans le greffon, à celles des autres, sans expériences le démontrant pour chaque type de plante. Bien entendu, la même question peut se poser à propos des bourgeons du sujet qui, en se développant (greffe mixte de Daniel), donneraient des pousses hybrides par suite de l'influence spécifique du greffon. C'est grâce à cette dernière qu'on pourrait obtenir, dit-on, par des greffages systématiques, des variétés nouvelles dont malheureusement, en dépit de promesses bientôt vieilles de vingt ans et sans cesse renouvelées, nous attendons encore l'apparition.

2° D'autre part, s'il y a des variations dans les caractères des pousses du greffon et de celles du sujet, on peut se demander si elles ne sont pas de même ordre que celles qu'on observe en dehors du greffage (accidents divers) et dont celui-ci ne serait nullement la cause.

3° En outre, et surtout, la nature des sujets employés peut provoquer dans le greffon des modifications quantitatives dues simplement aux conditions nouvelles dans lesquelles ce dernier doit vivre. Mais d'abord, ces modifications n'ont pas toujours lieu; ensuite, quand elles existent, elles sont tantôt pour, tantôt contre la théorie du mélange des caractères des deux plantes associées; elles augmentent ou amoindrissent certaines qualités (richesse en sucre, en acide par exemple); elles sont identiques à celles que provoquent des causes bien connues (milieux nutritifs, opérations culturales, etc.) et ne correspondent donc nullement à tout ce que produirait une fusion de plasmas spécifiques.

Mais ces variations, dites *de nutrition*, personne, au fond, ne les nie. Seulement il ne s'ensuit pas de ce qu'on les a constatées çà et là, pour affirmer qu'elles se manifesteront souvent, sinon toujours, qu'on ne pourra pas les combattre, ni surtout qu'elles seront assez importantes pour altérer les caractères essentiels des variétés et de leurs produits; pour amener, par exemple, dans la Vigne française greffée sur américaine, un abâtardissement des cépages, une détérioration des vins notable. Sous ce dernier rapport, en effet, il est établi par une expérience colossale qui se poursuit depuis plus de 30 ans en divers points du monde, qu'avec des porte-greffes convenant bien au sol, au climat, à la variété indigène propagée, avec une taille appropriée et une bonne culture, il n'est pas rare d'observer le contraire.

4° A côté de ces prétendues *variations spécifiques*, de ces *accidents* ou *sports*, de ces *variations de nutrition*, il est un cas fort intéressant, qui se réalise rarement, il est vrai, et par conséquent n'a qu'un mince intérêt pratique, c'est celui qui consisterait peut-être dans la formation, au niveau du bourrelet de soudure, d'un bourgeon hybride, résultant de la fusion de noyaux

des deux plantes, ou bien encore d'un bourgeon composite dont les cellules appartiendraient partie au sujet, partie au greffon (Strasburger, Le Monnier).

Dans le premier cas, le bourgeon donnerait un véritable hybride asexuel; dans le second, un pseudo-hybride de greffe dans lequel les cellules des deux parents resteraient distinctes, chacune suivant, plus ou moins exactement, les propres tendances héréditaires. Ces pseudohybrides seraient des *chimères*, comme on les nomme en Allemagne, si des parties entières ne renfermaient que des cellules provenant d'un seul composant, des *hyperchimères* (Strasburger) ou *périclinalchimères* (Baur) si les cellules d'origines différentes étaient soit intimement mélangées, soit disposées par couches ou enveloppes régulières. Ce serait alors, en laissant de côté certaines formes peu caractéristiques ou encore insuffisamment étudiées et suivies, le cas des *Cratægomespilus* (repousses anomales, au niveau du bourrelet, de greffes de *Mespilus* sur *Cratægus*), des *Solanum* de Winkler (plantes obtenues récemment par la section, au niveau du bourrelet également, de greffes de *S. Lycopersicum* et *S. nigrum*), enfin du *Cytisus Adami* et des Orangers *Bizarria* dont l'origine, cette fois, est à peu près inconnue et pourrait tout aussi bien être attribuée à l'hybridation sexuelle.

Mais qui ne voit la différence considérable existant entre ces êtres singuliers et rares et les greffes ordinaires où il s'agit de pousses dérivant des bourgeons qui appartiennent exclusivement soit à l'un, soit à l'autre des deux individus associés [1]? En quoi, par exemple, l'existence du *Cytisus Adami* et des *Cratægomespilus* implique-t-elle celle de variations spécifiques dans les Vignes dont les sarments proviennent tous du greffon seul?

Pour ma part, je suis convaincu que si l'on voulait bien, à propos de chaque cas, faire les distinctions qui viennent d'être envisagées ci-dessus, ne pas tenir compte des expériences et observations fausses ou non démonstratives (et il y en a plus d'une); si l'on voulait bien ne pas généraliser des exceptions et ne parler que de plantes dont on connaît à fond les variations, la culture et les produits, on finirait par se mettre d'accord sur cette question si vivement controversée du greffage.

Quoi qu'il en soit, je puis affirmer qu'au cours de cinq années consécutives de recherches sur les plantes herbacées (Solanées, Légumineuses, Composées, Crucifères), avec des milliers de greffes et de témoins, les variations morphologiques et biologiques ont été peu nombreuses et pas très marquées. En aucun cas, je n'ai observé d'influence spécifique du sujet et du greffon, d'altération des caractères fondamentaux d'espèce ou de variété, d'hybridation asexuelle.

---

(1) L. Daniel, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1008.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Pénétration et action bactéricide des rayons ultraviolets par rapport à la constitution chimique des milieux.* Note de M. Gabriel Vallet, présentée par M. A. Chauveau.

On sait que l'eau pure se laisse facilement traverser par les rayons ultraviolets. Par contre, on a rencontré des difficultés considérables lorsqu'on a voulu appliquer l'action bactéricide de ces radiations à certains autres liquides, dont on n'a pu obtenir la stérilisation qu'en les disposant en couche extrêmement mince au-dessous des lampes de quartz. C'est ainsi qu'un échantillon de moût de raisin, que j'ai étudié, n'a commencé à être sensible à l'action stérilisante de rayons ultraviolets que sous une épaisseur d'un quart de millimètre. Des observations analogues ont été faites par divers expérimentateurs pour le vinaigre, le cidre, le lait, la bière, etc.

Les milieux précités étant de composition assez complexe, il serait intéressant de déterminer le rôle que joue, dans l'absorption des rayons ultraviolets, chacune des substances qu'on y rencontre. Les présentes recherches, qui ont eu pour but d'ébaucher cette étude, ont porté sur un certain nombre de substances qui entrent presque toutes dans la composition des liquides destinés à un usage alimentaire.

La source lumineuse était constituée par une lampe en quartz à vapeurs de mercure, de 220 volts, du modèle du Dr Nagelschmidt, fourni par la Quartzlampen Gesellschaft (Hanau). L'effet bactéricide, obtenu dans des conditions déterminées, a servi de criterium pour apprécier le degré de pénétrabilité des rayons ultraviolets à travers les substances étudiées. Celles-ci étaient largement polluées avant chaque essai, au moyen d'une émulsion de *Bac. coli*. La pénétration des radiations était considérée comme complète lorsque tous les bacilles étaient détruits. De plus, comme certains échantillons pouvaient posséder une action antiseptique propre, des ensemencements témoins ont toujours été pratiqués après un temps de contact suffisant (à la fin de l'expérience). Les substances liquides ou les dissolutions des corps solides dans l'eau distillée étaient placées dans un récipient rectangulaire à 2^{cm} au-dessous du brûleur et exposées pendant 1 minute à l'action de la lumière (un obturateur permettait de régler cette exposition, la lampe restant en régime normal de marche). L'épaisseur du liquide était de $1^{mm},5$. A part des dérogations dont il sera fait mention pour chaque cas particulier, les conditions de temps, de distance et d'épaisseur ont été uniformes dans cette série d'expériences. Mais chaque substance a été étudiée en faisant varier le titre de sa dilution, et le degré de pénétrabilité des rayons ultraviolets a été déterminé en cherchant la limite de concentration à partir de laquelle l'action bactéricide ne s'exerçait plus.

1° *Sucres.* — Dans les conditions de temps, de distance et d'épaisseur énoncées ci-dessus, les solutions de *glucose* se laissent traverser par les rayons ultraviolets jusqu'au titre de 20 pour 100. Les concentrations plus élevées ne sont pas stérilisées.

Le *lactose* a une perméabilité plus accentuée, car sa stérilisation est complète en solution saturée (35 pour 100 environ à 30°).

2° *Alcools.* — La *glycérine* pure, sans addition d'eau, est toujours stérilisée dans les conditions habituelles de l'expérience; toutefois, elle est moins transparente que l'eau, car, si l'on fait varier le temps et la distance, on voit qu'en 30 secondes, à 17^{cm} du brûleur, elle cesse d'être stérilisée, alors que l'eau l'est encore. Lorsqu'on étudie des dilutions successives d'*alcool éthylique* dans l'eau distillée, on constate que la stérilisation a lieu jusqu'au moment où l'alcool exerce son action antiseptique propre. Mais un dispositif spécial permet de voir comment se comporte l'alcool absolu employé pur : dans un petit verre, on introduit de l'eau chargée de colibacilles et à sa surface on verse avec précaution de l'alcool qui surnage. En augmentant progressivement l'épaisseur de cette couche dans des essais successifs, on observe que l'eau sous-jacente est stérilisée même lorsque la couche d'alcool atteint 1^{cm} d'épaisseur (temps, 1 minute; distance, 2^{cm}). L'alcool éthylique est donc très perméable.

3° *Acides.* — L'*acide acétique* et l'*acide tartrique,* dissous dans l'eau, laissent agir les rayons ultraviolets jusqu'à ce que leur action antiseptique propre empêche de pousser plus loin l'expérience (7 pour 100 pour l'acide acétique, 12 pour 100 pour l'acide tartrique). En ce qui concerne l'acide acétique cristallisable, non dilué et fortement antiseptique sous cette forme, un dispositif analogue à celui employé pour l'alcool semblait indiqué; mais comme l'acide acétique ne se maintient pas en couche sur l'eau, il a fallu remplacer celle-ci par la glycérine. Dans ces conditions, une couche d'acide acétique de $1^{mm},5$ a suffi pour faire écran à l'action stérilisante.

4° *Sels minéraux.* — Le *chlorure de sodium* est perméable jusque dans ses solutions saturées (30 pour 100 environ). En diminuant le temps d'exposition, on constate qu'il cesse d'être stérilisé à partir et au-dessous de 2 secondes, comme aussi du reste le témoin constitué par l'eau distillée. La limite de pénétrabilité est de 19 pour 100 pour l'*azotate de chaux* (choisi comme exemple de sel de chaux à cause de sa solubilité) et de 22 pour 100 pour le *carbonate de soude.*

5° *Sels organiques.* — Les tartrates se laissent facilement pénétrer : le *tartrate neutre de potasse* était encore stérilisé à 35 pour 100; le *bitartrate de potasse,* dont on ne peut guère obtenir au maximum que des solutions à 1 pour 100, voisines de la saturation, a été stérilisé à ce taux en 5 secondes.

6° *Matières grasses.* — Un échantillon d'*huile d'olive* a servi aux essais. En couche mince à la surface de l'eau, elle a empêché la stérilisation de celle-ci.

7° *Matières protéiques.* — Les limites à partir desquelles les rayons ultraviolets n'exercent plus leur action bactéricide ont été pour la *gélatine* de 17 pour 100, pour la *peptone* de 3 pour 100, et pour l'*albumine* de 1 pour 100 environ. L'albumine étudiée était de l'albumine sèche provenant de l'œuf; ses solutions dans l'eau pure sont difficiles à obtenir et leur titre exact ne peut être connu que par des dosages consécutifs. Une solution contenant 0,70 pour 100 a été stérilisée, une autre renfermant 1,10 pour 100 ne l'a pas été. En somme, parmi les substances protéiques, l'albumine et la peptone sont assez fortement opaques pour les rayons ultraviolets.

8° *Matières colorantes.* — On peut avoir une idée de l'action des *matières colorantes* en procédant par différence : un vin rouge non stérilisé, après avoir été soumis en nature aux radiations, a pu être stérilisé après sa décoloration par le noir animal.

Mais un moût de raisin, d'ailleurs peu coloré et qui avait montré une grande opacité, ne s'est pas modifié à ce point de vue par la décoloration.

Il existe donc entre les substances précédentes de notables différences quant à leur pénétrabilité par les rayons ultraviolets. Les uns, comme l'alcool éthylique, la glycérine et beaucoup de solutions salines, se laissent facilement traverser; les autres, comme l'albumine, la peptone et l'huile sont fortement opaques. De plus il est probable que, rassemblées dans un milieu complexe, elles y additionnent leurs effets. C'est du moins ce qui semble ressortir de la constatation suivante : un milieu artificiel, contenant $1^g,50$ de peptone, 10^g de glucose, $0^g,50$ de bitartrate de potasse pour 100^{cm^3} d'eau, n'a pas pu être stérilisé dans les conditions ordinaires de l'expérience. Chacune des substances entrant dans sa composition était cependant assez loin de la limite à partir de laquelle elle confère l'opacité à son dissolvant.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes.* Note de MM. **H. Bordier** et **R. Horand**, présentée par M. Armand Gautier.

Au cours d'expériences sur l'action des rayons X et des rayons ultraviolets ([1]) sur les bactéries et les protozoaires, nous sommes arrivés à étudier cette action sur les trypanosomes et, en particulier, sur le *Trypanosoma Lewisi*.

Nous avons trouvé que les rayons ultraviolets tuent ce flagellé même à doses faibles : la gouttelette du sang d'un rat inoculé avec ce trypanosome, placée entre lame et lamelle lutée à la paraffine, est exposée aux radiations émanant de la lampe à vapeur de mercure et en quartz, modèle de Kromayer : la lamelle est appliquée contre la fenêtre refroidie de la lampe pendant un certain temps mesuré au chronomètre.

Nous avons déterminé le temps minimum nécessaire pour obtenir la mort des trypanosomes et nous avons pu, grâce à la méthode de dosage des rayons ultraviolets de l'un de nous ([2]), mesurer la quantité d'énergie radiante absorbée par les protozoaires et correspondant à la dose mortelle. Cette

---

([1]) *Société nationale de Médecine de Lyon*, février 1910.

([2]) *Chromo-actinomètre* (*Archives d'Électricité médicale*, 25 juillet 1908).

quantité est de 0,7 unité [1], en tenant compte de l'absorption des rayons par la lamelle de verre; avec notre lampe, il faut 15 secondes pour obtenir cette dose.

Après l'action des rayons ultraviolets, l'examen à l'ultramicroscope de la préparation montre que tout mouvement des trypanosomes a cessé; on ne retrouve même pas leurs cadavres.

Leur forme s'est complètement transformée pendant l'irradiation.

On constate en même temps une altération des globules rouges qui apparaissent crénelés, et aussi une modification de leur couleur, l'hémoglobine ayant été réduite par les rayons ultraviolets, ainsi que cela avait déjà été démontré [2].

Nous avons aussi soumis ces trypanosomes à l'action des rayons X et nous avons constaté que des doses même très fortes, allant jusqu'à 15 unités I [3] n'arrêtent pas les mouvements et ne modifient pas la forme de ce protozoaire qui continue à vivre comme si l'irradiation n'avait pas eu lieu.

PHYSIOLOGIE. — *Immunité naturelle des Batraciens et des Serpents contre le venin muqueux des premiers; mécanisme de cette immunité.* Note de Mme **Marie Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

S'il est possible d'envenimer les Serpents et les Batraciens avec le venin muqueux cutané de ces derniers, il faut du moins employer des doses qui sont très élevées relativement à celles qui suffisent à tuer les Mammifères et les Oiseaux.

C'est ainsi que le dixième de la dose de mucus de Discoglosse, qui tue en 24 à 48 heures la Vipère aspic et la Grenouille verte, suffit à foudroyer le Lapin par inoculation intra-veineuse, et le Moineau par injection dans le muscle pectoral.

Le même effet se produit également chez le Lapin avec le mucus fourni par une seule petite Grenouille verte, et chez le Moineau avec le quart de cette dose, alors qu'il faut le mucus de trois sujets pour tuer la Vipère et

---

(1) *Quantitométrie des rayons ultraviolets; unité de quantité* (*Société de Radiologie médicale de Paris*, février 1910).

(2) Bordier et Nogier, *Archives d'Électricité médicale*, 1908, p. 316.

(3) *L'unité* I, *nouvelle unité de quantité des rayons* X (*Archives d'Électricité médicale*, 1906, p. 567).

celui de cinq pour envenimer mortellement la Grenouille verte elle-même.

Si l'on prend comme unité de résistance au mucus de Grenouille celle de 1^{kg} de Lapin, on trouve que les résistances respectives de la Vipère et de la Grenouille sont exprimées par les nombres 193 et 581, celle de la Couleuvre vipérine étant intermédiaire aux précédentes. Vis-à-vis du mucus d'Axolotl, dont l'injection intraveineuse, quoique mortelle, n'est pas foudroyante, on constate que la dose minima mortelle, pour une Vipère ou une Grenouille du poids de 50^g, n'est pas plus élevée que pour un Lapin pesant 1300^g, et que cette dose n'a même aucun effet appréciable tant sur la Couleuvre vipérine que sur la Salamandre terrestre.

La comparaison des doses minima mortelles pour les divers animaux, étendue aux mucus d'Alyte, de Triton, de Pélobate et de Salamandre, fournit des résultats qui concordent si bien avec les précédents qu'il serait superflu d'en accumuler les détails.

Mécanisme de l'immunité. — J'ai montré que les Serpents sont aussi résistants que les Batraciens eux-mêmes à la salamandrine, et que leur immunité est due à l'antagonisme physiologique de cette substance et de l'échidno-toxine contenue dans leur sang (*Comptes rendus*, 29 juin 1909).

C'est par ce même mécanisme que les Batraciens, et la Salamandre en particulier, sont protégés à la fois contre leurs sécrétions cutanées, l'une primitivement paralysante comme le venin de Vipère, l'autre tétanisant d'abord le cœur, comme la salamandrine; et l'on comprend que la présence simultanée dans leur sang de ces venins à effets opposés, maintienne l'équilibre physiologique chez l'animal normal, et que cet équilibre puisse être rétabli chez l'animal inoculé par l'apport immédiat et constant du produit antagoniste.

Quant à l'immunité naturelle des Serpents contre le mucus, elle a la même origine que celle que possèdent ces reptiles contre leur propre venin; elle est due à l'antitoxine dont C. Phisalix a montré l'existence dans leur sang, et qu'on met en évidence en détruisant la substance toxique, soit par un chauffage approprié, soit par la précipitation alcoolique : c'est ainsi que le mélange *in vitro* du précipité de 4^{cm^3} de sérum avec la dose de mucus d'Axolotl, mortelle pour la Vipère, inoculé dans la cavité générale de celle-ci, ne produit plus qu'une asthénie passagère, alors que les témoins meurent en un temps variant de quelques jours à quelques heures.

Ce qui confirme, d'ailleurs, que l'immunité des Serpents et des Batraciens est due plutôt à la composition de leurs humeurs qu'à la résistance propre de leurs cellules nerveuses au mucus, c'est qu'on peut les paralyser avec des doses minimes de ce dernier, porté directement sur les centres nerveux; une Couleuvre à collier meurt en 3 heures, une Grenouille verte en 15 heures, après avoir reçu sur le cerveau, à travers la membrane occipito-atloïdienne, la vingtième partie du mucus qu'elles tolèrent par les

autres voies. Et l'on constate qu'il en est de même vis-à-vis de la salamandrine; une dose de $0^{mg},5$ de ce venin introduite dans le crâne convulsive aussitôt, et tue en 30 minutes une Couleuvre à collier, qui en supporterait 15^{mg} par la voie sous-cutanée; la Salamandre elle-même est tétanisée par une dose de $0^{mg},30$, et la Grenouille verte par une dose de $0^{mg},10$, alors qu'il faudrait des doses 10 et 6 fois plus grandes pour produire le même effet par injection dans l'abdomen.

De plus, les animaux dont on a renforcé l'immunité naturelle par une ou plusieurs inoculations de venin se montrent aussi sensibles que les animaux neufs à l'inoculation intra-crânienne de mucus ou de salamandrine. C'est ainsi qu'une Couleuvre à collier, qui avait supporté l'inoculation sous-cutanée du mucus de six Salamandres, et une Couleuvre vipérine, qui avait reçu le mucus de la peau ventrale d'un Axolotl, sont mortes de la même façon et dans le même temps que les témoins.

La sensibilité des animaux à l'inoculation intra-crânienne est telle qu'elle permet de déterminer expérimentalement les doses exactes suivant lesquelles doivent être mélangés les venins antagonistes pour que leurs effets s'annulent : quelques gouttes des solutions à $\frac{2}{1000}$ de salamandrine et de venin de Vipère, mélangées dans les proportions de $\frac{1}{3}$ de la première pour $\frac{2}{3}$ de la seconde, n'ont pas plus d'effet que l'eau salée physiologique; et il en est de même quand on substitue au venin de Vipère le mucus de la Salamandre, concentré par évaporation ou ébullition.

La résistance des cellules nerveuses des Batraciens et des Serpents ne semble pas non plus augmenter par les inoculations répétées de venin à leur surface, car une Grenouille verte qui avait reçu, à intervalles de quelques jours, de petites doses de son propre mucus, s'est montrée aussi sensible à la quatrième inoculation qu'à la première; et il en a été de même pour une Couleuvre à collier vis-à-vis d'inoculations répétées de salamandrine.

Ces résultats, joints à ceux d'une précédente Note, établissent les rapports d'immunité réciproque des Batraciens et des Reptiles; ils sont à rapprocher de ceux qui ont été obtenus par C. Phisalix avec la salamandrine déposée directement sur les lobes optiques de la Salamandre elle-même, et avec le venin de Vipère introduit dans le crâne de ce Serpent, de ceux de MM. Roux et Borrel avec la morphine, les toxines tétanique et diphtérique, de MM. Lingelsheim, Borrel avec la toxine tuberculeuse, et de ceux de M. Gley avec les sérums d'Anguille et de Torpille.

De leur ensemble on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *Les Batraciens et les Serpents, qui résistent au venin granuleux dorsal des*

premiers, et en particulier à la salamandrine, manifestent une immunité naturelle aussi grande vis-à-vis du second poison cutané, le venin muqueux;

2° *Cette immunité ne se manifeste que lorsque les venins (mucus ou salamandrine) ne sont pas portés directement sur les centres nerveux, qui n'acquièrent pas de résistance spécifique par les inoculations répétées à leur surface;*

3° *C'est donc une immunité, surtout humorale, due pour les Batraciens à la présence simultanée dans leur sang des deux sécrétions antagonistes et pour les Serpents au pouvoir antitoxique de leur sang, qui se manifeste aussi bien vis-à-vis du mucus que vis-à-vis de leur propre venin.*

PHYSIOLOGIE. — *Propriétés du sérum des lapins séro-anaphylactisés.* Note de M. **A. Briot**, présentée par M. E. Roux.

Les phénomènes d'anaphylaxie, dont les exemples se sont multipliés depuis quelques années, sont d'une explication difficile.

Parmi les nombreuses théories proposées, il en est une, formulée par M. Nicolle, qui a le mérite de la simplicité et l'avantage de rattacher les phénomènes d'anaphylaxie à d'autres faits biologiques. Elle consiste à voir dans l'anaphylaxie un phénomène d'albuminolyse. Cette albuminolyse détermine, par action sur l'albuminoïde, la mise en liberté d'un produit toxique, comparable aux poisons vrais de Vaughan, formés par l'action de l'alcool absolu sodé sur des albumines ou des corps microbiens.

Un premier pas a été fait, dans l'établissement des conséquences de cette hypothèse, par la mise en évidence de l'anaphylaxie passive. Une deuxième conséquence était la possibilité de la production *in vitro* du poison anaphylactique.

Richet l'avait entrevue avec l'actino-congestine et nettement établie avec la crépitine.

Chez les lapins anaphylactisés avec le sérum de cheval, j'ai mis en évidence, avec la plus grande netteté, ces deux phénomènes d'anaphylaxie passive et d'anaphylaxie *in vitro*.

Les lapins sont préparés par des injections intrapéritonéales presque quotidiennes de $3^{cm^3},5$ de sérum de cheval non chauffé (31 injections en 40 jours). Après ce traitement, ils sont sensibles, et ceux qu'on éprouve par une inoculation intraveineuse de 4^{cm^3} de sérum meurent en quelques minutes des accidents typiques d'anaphylaxie.

On fait des prises de sang à ces lapins préparés : une première fois, 8 jours après

la dernière injection de sérum; une deuxième fois, 3 semaines après. Et, avec le sérum obtenu, on fait les séries d'essais suivants sur des lapins neufs :

1. *Phénomène d'anaphylaxie passive.* — Des lapins reçoivent dans la veine de l'oreille des doses variant de $2^{cm^3},5$ à 5^{cm^3} de sérum de cheval non chauffé.

Ils présentent tous des symptômes très nets d'anaphylaxie. Les uns meurent dans un délai de 5 à 20 minutes, les autres se remettent.

2. *Phénomènes d'anaphylaxie* in vitro. — On fait un mélange à parties égales du sérum de cheval non chauffé et du sérum des lapins préparés. Puis on l'injecte dans la veine de l'oreille à des lapins neufs, immédiatement après sa préparation, à des doses de 5^{cm^3} ou de 10^{cm^3}.

Tous les lapins sont malades avec les symptômes d'anaphylaxie; les uns meurent en 3 à 10 minutes, d'autres se remettent.

On fait, le lendemain, une injection d'épreuve de 5^{cm^3} de sérum de cheval à ces lapins qui ont résisté, et l'on constate qu'ils ne manifestent qu'un insignifiant malaise passager.

De ces faits découle naturellement la conclusion que dans le sérum des animaux sensibilisés existe un principe qui, en agissant *in vitro* sur le sérum de cheval, dégage le poison anaphylactique, d'une manière comparable à l'alcool sodé.

ANATOMIE. — *Les dimensions du cæcum et la typhlectasie.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Lannelongue.

L'Anatomie comparée nous montre que le cæcum atteint le maximum de ses dimensions chez les Herbivores, chez le Lapin par exemple, qui en possède un très gros; chez les Fructivores, les Phalangistes et les Périssodactyles (Rhinocéros, Cheval), chez les Galéopithèques et les Lémuriens, les Prosimiens. Il est beaucoup plus petit chez les Carnassiers, mais chez le Chat et le Macaque *Rhesus* il existe un cæcum assez développé avec un petit vermium en plus. En rapprochant et en comparant ces faits, on peut conclure que dans le cours du développement des espèces il se produit une adaptation dont le résultat peut être schématisé de la façon suivante : gros cæcum, pas d'appendice; cæcum peu développé, petit appendice; cæcum moyen, appendice développé au maximum.

Chez l'Homme, les dimensions du cæcum sont très variables et comme dit Morgagni : « *Pro varia nuper contentorum copia producta, aut contracta reperitur.* »

Sur 50 cæcums que j'ai enlevés avec leur appendice, j'ai trouvé trois fois un cæcum très petit à peine différencié du colon ascendant et d'une capacité de 80^{cm^3} à 100^{cm^3} d'eau distillée; 37 étaient bien développés avec un vermium de calibre moyen. Je n'ai trouvé aucun cas comparable à celui de Luschka, qui a noté jusqu'à 23^{cm} de longueur pour l'appendice cæcal. Évidemment, j'avais affaire aux sujets français, tandis que l'auteur viennois a opéré chez les Autrichiens ou Allemands dont l'alimentation est notablement différente de la nôtre.

De mes 50 cas, 10 présentaient un cæcum très développé jusqu'à concurrence de 6^{cm^3} à 800^{cm^3} de capacité, dépassant non seulement *angulum coïtus*, mais plongeant dans la cavité pelvienne.

Non content de ces constatations sur le cadavre, j'ai eu le soin de les contrôler chez le vivant, sur la table d'opération, bien entendu. Nous avons vu, M. Mauclaire, chirurgien des hôpitaux et moi, que souvent le cæcum est démesurément gros et pend dans le bassin par sa portion déclive.

Il nous semble que cette *typhlectasie* n'est pas un état pathologique, mais un état d'infériorité, une infirmité. On l'observe, en général, chez les individus, plus souvent chez les femmes de petite taille, à gros ventre qui souffrent de stase stercorale, de douleurs nettement localisées à la fosse iliaque droite, et dont la paroi abdominale est dessinée de veines extrêmement dilatées.

Une hypothèse sera peut-être permise pour l'interprétation de ces *typhlectasies*. L'Homme, anciennement herbivore, est devenu plus tard omnivore, et le cæcum et son appendice se sont développés proportionnellement d'après le schéma que nous avons exposé plus haut. Actuellement, l'Homme est plutôt carnivore, mais son cæcum reste souvent gros, contrairement aux prévisions. La physiologie pathologique nous montre à cet égard que les excréta des Carnivores présentent deux défauts : 1° la petitesse du volume qui ne sollicite pas assez vigoureusement la contraction des parois; 2° leur toxicité plus grande qui irrite et dilate les mêmes parois.

C'est ainsi que se produit à notre sens la *typhlectasie* de l'homme, qui ne donne lieu habituellement à aucun trouble nosologique, mais qui est traduite dans certain cas par des accidents pathologiques magistralement décrits par M. Dieulafoy.

OCÉANOGRAPHIE. — *Carte lithologique sous-marine de la côte du Languedoc.* Note de M. **J. Thoulet**.

D'après des échantillons recueillis sur le terrain en 1908 et 1909, je viens de terminer sur les feuilles 5172 et 1167 du Service hydrographique de la

Marine, la Carte lithologique sous-marine de la côte du Languedoc depuis Palavas à l'Est jusqu'à l'embouchure de l'Aude à l'Ouest et atteignant une dizaine de milles en mer; 128 échantillons ont été analysés mécaniquement et chimiquement, 97 analysés microminéralogiquement. On a indiqué, comme sur une Carte géologique continentale, par des teintes et des signes conventionnels, les terrains et dépôts suivants : roche, sable, sable vaseux, vase très sableuse, vase sableuse, vase, gravier, coquilles entières, brisées et moulues, madrépores, herbiers. Les isobathes ont été tracées de 10^m en 10^m.

Du rivage en s'avançant vers la haute mer, la proportion du gravier, nulle sur le bord, augmente régulièrement jusque vers 30^m de profondeur pour diminuer ensuite rapidement, de telle sorte qu'il n'en existe plus après 50^m. D'une manière générale, les fonds côtiers sont d'autant plus sableux qu'ils sont plus voisins de terre et inversement, d'autant plus vaseux qu'ils en sont plus éloignés.

Le golfe d'Agde est occupé par un delta sous-marin commun à l'Hérault, à l'Orb et à l'Aude; il s'étend jusque par 35^m de profondeur avec une pente de $6'47''$ et est parfaitement caractérisé par ses sédiments.

Les fonds marins de la région ont une teneur en calcaire uniformément comprise entre 33 et 38 pour 100. Ils sont caractérisés minéralogiquement par la présence de la dolomie provenant des calcaires magnésiens du jurassique supérieur abondamment distribués en Languedoc, dans la chaîne de la Gardide et dont le mont de Cette est uniquement formé, de basaltes et minéraux associés (magma, plagioclase, orthose, magnétite, ilménite, augite, péridot, apatite, hornblende, zircon, etc.) venant des nappes basaltiques voisines du mont d'Agde, des environs de Lodève et de Bédarieux amenés par l'Hérault et de Montferrier amenés par le Lez, enfin de minéraux verts des Alpes charriés par le Rhône et portés ensuite le long de la côte par le grand courant méditerranéen.

La distribution des minéraux et leurs dimensions en chaque localité ont permis d'établir les points suivants:

La proportion constante sur le fond des éléments minéraux des diverses grosseurs est complète entre 0^m et 15^m environ de profondeur ce qui s'explique par le brassage continuel exécuté par la mer. Au delà de 50^m, le mouvement des vagues cessant de se faire sentir, le fond demeure dans un calme quasi absolu. Entre 15^m et 50^m, les sédiments agités doucement mais continuellement par les vagues de la surface, sont maintenus en suspension dans l'eau et obéissent au courant méditerranéen. L'axe de plus grande vitesse contre le sol de ce courant parallèle à la côte, signalé sur le fond par des sables vaseux, des vases très sableuses et des vases sableuses, se trouve par 25^m à 30^m de profondeur et sa vitesse, mesurée expérimentalement d'après la dimension des plus gros grains transportés par lui, est de 350^m à l'heure équivalant à $\frac{1}{3}$ de nœud environ.

Le courant méditerranéen venant de l'Est et se dirigeant au Sud par l'Ouest accumule les vases sur les faces des golfes d'Aigues-Mortes et d'Agde qui regardent l'Ouest et les sables sur les faces opposées; il éprouve sur le fond des remous irrégulièrement distribués. En avant du cap d'Agde et des roches sous-marines qui le prolongent, l'obstacle en cul-de-sac qu'il rencontre l'oblige à prendre un mouvement de tourbillonnement dans le sens des aiguilles d'une montre qui ramène en arrière les minéraux. Plus loin, au-dessus du delta qui occupe tout le golfe d'Agde, il subit un vaste tourbillonnement, toujours dans le sens des aiguilles d'une montre et dont le centre est placé à l'extrême pointe sud du delta, par une trentaine de mètres de profondeur. Il heurte ensuite presque perpendiculairement l'embouchure de l'Aude, y éprouve un dernier remous de faible intensité et continue sa route vers le Sud, longeant de près la côte et là seulement il possède une force suffisante pour nettoyer une étroite bande sableuse des vases qu'il laisse se déposer à peu de distance dans des eaux ne dépassant pas des profondeurs de 20^m.

Ces considérations appliquées aux roches sédimentaires, anciens fonds de mer actuellement exondés, fournissent de précieux renseignements sur la genèse de celles-ci et sur les caractéristiques des courants susceptibles d'avoir jadis présidé à leur distribution.

SISMOLOGIE. — *Sur la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre d'après les données d'une seule station sismique.* Note de M. B. **Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

On sait aujourd'hui déterminer la distance de l'épicentre d'un tremblement de terre, au moyen de la différence des moments d'arrivée des premiers et des seconds avant-coureurs des ondes sismiques, lesquels correspondent respectivement à des vibrations longitudinales et à des vibrations transversales. Par suite, trois stations sismiques convenablement situées suffisent pour déterminer le lieu approximatif d'un épicentre.

Si, outre la *distance*, il était possible de déterminer aussi l'*azimut* d'où viennent les ondes sismiques, les données d'une seule station suffiraient pour atteindre le même but.

Dans une étude spéciale que j'ai entreprise pour cette détermination de l'azimut, j'ai employé deux pendules très sensibles de mon système (suspension Zöllner), avec fort amortissement magnétique poussé presque

jusqu'à la limite de l'apériodicité; l'enregistrement se fait au moyen d'un galvanomètre apériodique excessivement sensible, du type Deprez-d'Arsonval. Un de ces pendules enregistrait la composante NS et l'autre la composante EW. Le cylindre enregistreur, recouvert de papier sensible, avait une vitesse de rotation assez grande pour donner une inscription de 31^{mm} de long par minute.

Pour le but proposé, j'ai choisi sur mes sismogrammes, obtenus à la station sismique de Pulkova, le premier écart y_m du point lumineux par rapport à sa position d'équilibre : cela correspond à la première arrivée des ondes longitudinales, et l'on n'a pas à tenir compte d'une superposition éventuelle d'ondes sismiques.

Soient, pour ce premier instant, A_N et A_E les vraies amplitudes des mouvements du sol respectivement dans la direction NS et dans la direction EW : S'il était possible de déduire des amplitudes y_m, mesurées sur les sismogrammes, pour les deux composantes, ces amplitudes vraies A_N et A_E, le rapport $\frac{A_E}{A_N}$ donnerait immédiatement la tangente de l'azimut cherché,

$$\tan\alpha = \frac{A_E}{A_N}. \tag{1}$$

En tenant compte, en outre, du côté où s'est produit l'écart y_m par rapport à la ligne d'équilibre, il n'y aura pas d'indétermination et l'on connaîtra le quadrant de α.

Pour trouver le rapport entre y_m et l'amplitude vraie du mouvement du sol x_m, (A_N ou A_E), supposons qu'une onde sismique longitudinale vienne frapper notre station : on a

$$x = x_m \sin pt \qquad \text{et} \qquad T_p = \frac{2\pi}{p}, \tag{2}$$

T_p est la période totale de l'onde sismique correspondante.

Supposons en outre que le pendule, avec le galvanomètre correspondant, soient exactement placés à la limite de l'apériodicité et que leurs périodes propres (sans amortissement) soient égales entre elles et égales à T.

Appelons θ l'angle d'écart du pendule et φ celui du galvanomètre, par rapport à leurs positions normales; nous aurons les deux équations différentielles suivantes :

$$\theta'' + 2n\theta' + n^2\theta + \frac{x''}{l} = 0, \tag{3}$$

$$\varphi' + 2n\varphi' + n^2\varphi + k\theta' = 0; \tag{4}$$

l est la longueur réduite du pendule et k un coefficient qui détermine la sensibilité de l'enregistrement galvanométrique.

Soit encore A_1 la distance de la surface du cylindre tournant au miroir du galvanomètre. Posons, en outre, $u = \frac{T_p}{T}$ et introduisons une nouvelle variable $z = pt$.

En tenant compte de l'équation (2), des conditions initiales et intégrant les équations (3) et (4), on obtient

$$y = x_m T_p \frac{k A_1}{\pi l} \Phi(z), \tag{5}$$

ou

$$\Phi(z) = e^{-uz}(a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3) + g_0 \cos z + h_0 \sin z, \tag{6}$$

et les différents coefficients de la formule (6) sont des fonctions de u seulement :

$$a_0 = \frac{1 - 6u^2 + u^4}{(1+u^2)^4}, \quad a_1 = -\frac{u(3-u^2)}{(1+u^2)^3}, \quad a_2 = \frac{1}{2}\frac{u^2(3+u^2)}{(1+u^2)^2}, \quad a_3 = -\frac{1}{6}\frac{u^3}{1+u^2};$$

$$g_0 = -\frac{1 - 6u^2 + u^4}{(1+u^2)^4}, \quad h_0 = \frac{4u(1-u^2)}{(1+u^2)^4}.$$

Il s'agit maintenant de trouver la valeur de z_m qui rend $\Phi'(z_m) = 0$; alors

$$x_m = \frac{\pi l}{k A_1} \frac{y_m}{T_p} \frac{1}{\Phi(z_m)}. \tag{7}$$

Le problème se simplifie extrêmement si les deux pendules ont la même période propre, car alors il n'y a plus lieu de rechercher la fonction $\Phi(z_n)$, et l'on a simplement

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{\left(\frac{l y_m}{k A_1}\right)_{E-W}}{\left(\frac{l y_m}{k A_1}\right)_{N-S}}; \tag{8}$$

les différentes constantes l, K et A_1, qui entrent dans cette formule, se laissent facilement déterminer, et les conditions théoriques indiquées ci-dessus ont été approximativement réalisées pour les pendules que j'ai employés à cette étude.

M. Albert Barbe adresse un *Projet de bulle de sauvetage pour équipage de sous-marins.*

M. **Gandillot** adresse un *Mémoire sur l'audition*.

(Renvoi à l'examen de MM. Violle et Villard.)

M. **Edward Meusel** adresse un Mémoire, en langue allemande, sur la *Thermochimie*.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de *Géographie et Navigation*, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Bouquet de la Grye :*

En première ligne	M. **Lallemand**.
En seconde ligne, par ordre alphabétique	MM. **Angot**. **F. Arago**. **Bourgeois**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 28 février 1910.

Carnegie Institution of Washington, founded by Andrew Carnegie : *Scope and organization*. Washington, 1909; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

List of publications of the Carnegie Institution of Washington; january 17, 1910. Washington, 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société de Pathologie exotique; t. II, 1909. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Laveran.)

Revue générale de Botanique, dirigée par M. Gaston Bonnier, Membre de l'Institut; t. XXII, livraison du 15 janvier 1910. Paris, Librairie générale de l'Enseignement; 1 fasc. in-8°.

Assemblée générale des actionnaires de la Banque de France, du 27 janvier 1910, *sous la présidence de M.* Georges Pallain, Gouverneur. *Compte rendu au nom du Conseil général de la Banque* et *Rapport de MM. les Censeurs*. Paris, imp. Paul Dupont, 1910; 1 fasc. in-4°.

Le puits artésien de la Compagnie des eaux de Maisons-Laffitte, 1907-1909, par Étienne Péroux. Paris, A. La Fare; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Manière facile et expéditive de préparer le grand sympathique, par Félix Chavernac. Aix, Makaire, 1910; 1 fasc. in-8°.

Bibliothèque aéronautique russe, fondée par Jacques de Pollakoff. *Traduction des principaux Ouvrages français relatifs à la locomotion aérienne*. Volume I : *Éléments de la locomotion aérienne*, par L. Baudry de Saunier; avec une lettre de l'auteur à l'éditeur russe. Kiew, 1910; 1 vol. in-8° [en langue russe]. (Hommage de l'éditeur.)

Fifth annual Report of Henry Phipps Institute, for the study, treatment and prevention of tuberculosis; february 1, 1907 to february 1, 1908. Philadelphie, 1909; 1 vol. in-8°.

Tercere Congreso medico latino-americano, Montevideo, 17-24 de marzo de 1907 : *Actas y trabajos;* t. I-V. Montevideo, 1908-1909; 5 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 14 MARS 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures.* Note de MM. **Henri** et **Jean Becquerel** et **H. Kamerlingh Onnes.**

On a vu, dans un travail précédent [1], que les bandes d'émission et d'absorption des sels d'uranyle, plus ou moins larges et diffuses à la température ordinaire, se subdivisent à la température de l'air liquide en bandes multiples parfois très fines.

Au laboratoire cryogène de l'Université de Leyde, nous avons pu étendre les recherches jusqu'à la température de l'hydrogène solide (14° K). L'appareil employé a été décrit antérieurement en détail [2]: nous rappellerons seulement que le spectrographe comprenait un réseau plan de Rowland et une lentille de $1^m,30$ de distance focale fonctionnant par auto-collimation. Les substances phosphorescentes étaient placées dans un tube de verre mince et introduites dans un tube vacuum renfermant soit de l'air ou de l'azote liquide, soit de l'hydrogène liquide convenablement protégé; elles étaient vivement éclairées par de la lumière violette.

Déplacement et position limite des bandes. — Lorsque la température s'abaisse jusqu'au point de solidification de l'hydrogène, les bandes de phosphorescence des sels d'uranyle deviennent de plus en plus fines. *L'abaissement de température déplace les maxima d'émission vers les petites longueurs d'onde:* ce fait avait été signalé dans une Note précédente, mais il n'avait

---

(1) Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 459 et p. 671.

(2) Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *Comm. Leiden*, n° 103; *Le Radium*, t. V, p. 227.

pas été démontré que le déplacement du maximum fût la conséquence d'un changement de période des mouvements lumineux. L'observation des spectres aux températures où les bandes sont nettement séparées, entre 80° K (azote liquide) et 14° K (hydrogène solide), permet de suivre les variations de chacune d'elles et de constater qu'il s'agit bien d'un déplacement sous l'influence des variations de température. Voici, par exemple, les longueurs d'onde (mesurées par comparaison avec le spectre du fer) des bandes les plus intenses du sulfate double d'uranyle et de potassium :

A 80° K (azote liquide).....	$511^{\mu\mu},48$	$534^{\mu\mu},24$	$559^{\mu\mu},09$	$586^{\mu\mu},31$
A 20° K (hydrogène liquide)...	$511^{\mu\mu},35$	$534^{\mu\mu},10$	$558^{\mu\mu},89$	$586^{\mu\mu},05$

Les déplacements sont beaucoup plus faibles que ceux qu'on observe entre la température ordinaire et 80° K ($2^{\mu\mu}$ à $3^{\mu\mu}$).

Entre 20° K et 14° K les déplacements sont à peine perceptibles (ordre de $0^{\mu\mu},01$). *Il semble que la position des bandes s'approche asymptotiquement d'une position limite quand la température s'abaisse.* Ce changement est de même nature que le changement du volume et probablement que le changement de la constante diélectrique.

Comparaison des divers groupes de bandes d'un même sel. — Le spectre de phosphorescence d'un sel d'uranyle est constitué par 7 ou 8 groupes qui se reproduisent de distance en distance avec des aspects, sinon identiques, du moins peu différents entre deux groupes consécutifs. Seuls les groupes les plus réfrangibles possèdent souvent un aspect différent des autres.

Nous appellerons *bandes homologues* celles qui, dans les divers groupes, occupent les mêmes positions relatives. *Les différences d'aspect entre les groupes proviennent seulement de changements progressifs dans les intensités relatives des bandes de ces groupes.*

On remarque que tous les sels d'uranyle contenant un même acide et d'autres bases jointes au groupe uranyle ont des spectres de même aspect d'ensemble.

La constitution du spectre dépend donc principalement de la nature de l'acide qui forme le sel et n'est que peu influencée par les autres bases. Ce fait, qui avait été signalé depuis longtemps par Edmond Becquerel, est maintenant plus solidement établi par les observations à des températures où les bandes n'empiètent plus les unes sur les autres.

Loi de succession des bandes. — On sait que les larges bandes observées à la température ordinaire se succèdent à des intervalles tels que la différence des nombres de vibrations soit à peu près constante d'une bande à la sui-

vante [1]. Mais ces bandes étant larges et complexes, on ne pouvait fixer le degré d'approximation de la relation précédente.

Aux basses températures, on peut déterminer avec une assez grande précision les positions des bandes fines. Nous donnons ailleurs [2] les tableaux de mesures de plusieurs séries de bandes homologues de différents sels.

Entre deux bandes homologues consécutives la différence des fréquences est sensiblement constante, non seulement pour une même série, mais pour toutes les séries de bandes homologues d'un même sel. De plus, la constante qui exprime la différence des fréquences entre deux bandes homologues consécutives est peu différente d'un sel à l'autre.

Les écarts à cette loi sont très faibles : il est probable toutefois qu'ils ne résultent pas entièrement des erreurs de mesure et que la différence des fréquences diminue d'une quantité extrêmement petite lorsque les longueurs d'onde augmentent.

Nous avons indiqué le rôle de l'acide dans la constitution du spectre. Il faut remarquer maintenant que, bien que les spectres diffèrent d'un sel à l'autre, l'uranium leur imprime un caractère qui lui est propre, en imposant pour tous ses sels la loi énoncée.

Il convient de rappeler que cette loi, la plus simple qui puisse régir la succession des bandes, était depuis longtemps considérée comme approchée. Comme elle révélait une constitution moléculaire particulièrement remarquable au point de vue des phénomènes lumineux, elle a attiré l'attention sur les sels d'uranyle et a été l'origine des expériences qui ont amené la découverte de la radioactivité [3].

Caractère des spectres. — Les groupes les plus intenses, situés dans le vert, sont formés de bandes nombreuses, mais les groupes orangés et rouges sont plus simples et sont, pour beaucoup de sels, constitués par une succession de bandes rapprochées qui affectent l'aspect des groupes de bandes dans les spectres cannelés des gaz. Ainsi, avec le sulfate d'uranyle, les groupes sont formés d'une tête assez intense située du côté des longueurs d'ondes décroissantes suivie de 7 ou 8 bandes régulièrement espacées et de plus en plus faibles. Chacune de ces bandes a un aspect légèrement dissymétrique, le bord côté violet étant le plus net.

Les bandes ne sont ni assez fines ni assez nombreuses pour qu'on puisse

---

(1) Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CI, 1885, p. 1252.

(2) *Akad. Amsterdam*, 23 avril 1909, p. 1045; *Comm. Leiden*, n° 110.

(3) Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXII, 24 février 1896, p. 420.

affirmer qu'elles suivent les lois données par M. Deslandres pour les bandes des gaz. Cependant la même relation se vérifie autant qu'il est possible de le faire. Il nous semble donc que ces spectres sont des spectres cannelés d'une nature analogue à celle des spectres de bandes des gaz.

Dans un champ magnétique dépassant 20000 *gauss, nous n'avons obtenu aucune action sensible sur les bandes fines observées à* 14°K. Récemment l'un de nous, avec le précieux concours de M. Pierre Weiss, a soumis quelques sels d'uranyle, refroidis à —190°, aux champs intenses obtenus avec le puissant électro-aimant du Polytechnicum de Zurich; *aucune influence ne s'est encore manifestée dans un champ de* 35000 *gauss*. Ce résultat constitue une nouvelle analogie avec les spectres de bandes des gaz, qui en général se montrent insensibles à l'action d'un champ magnétique [1].

Relation entre l'émission et l'absorption. Bandes renversables. — L'expérience suivante montre d'une façon frappante que certaines bandes peuvent être à volonté bandes d'émission ou bandes d'absorption : on fait passer un faisceau de lumière blanche au travers d'une lame d'*autunite* (minéral dont on obtient par clivage des lamelles transparentes); on observe le spectre d'absorption, puis on diminue progressivement l'intensité de la lumière transmise pendant qu'on éclaire avec de la lumière violette de plus en plus intense la face tournée du côté du spectroscope. *Certaines bandes se renversent en se transformant sur place en bandes d'émission.* Cette expérience, réalisable aux plus basses températures, ressemble à l'expérience classique du renversement des raies du sodium.

Dans tous les sels d'uranyle, les bandes renversables ne se rencontrent que dans les deux groupes les plus réfrangibles du spectre d'émission. Les notables différences d'aspect entre ces derniers groupes et les groupes moins réfrangibles sont dues principalement aux bandes renversables.

La série des bandes homologues non renversables, qui succèdent aux bandes renversables dans les autres groupes d'après la loi de la différence constante des fréquences, est liée tout entière par cette loi à une bande d'absorption.

Il est important de rappeler que les bandes d'absorption des sels uraneux, *qui ne sont pas phosphorescents*, forment aussi des groupes régulièrement distribués avec la même loi de succession.

Nature de la phosphorescence des sels d'uranyle. — Les sels d'uranyle

---

[1] Il faut excepter toutefois les divers cas découverts par M. A. Dufour.

doivent être considérés comme formant une classe nettement à part parmi les substances phosphorescentes.

On sait, en effet, d'après les travaux d'Edmond Becquerel et de MM. Verneuil, Lecoq de Boisbaudran, Lenard et Klatt, Urbain, sur les sulfureux alcalino-terreux et les terres rares, que les corps purs ne sont pas phosphorescents. L'existence d'un phosphorogène, corps dilué en faible proportion dans la substance principale, est nécessaire, et il existe pour chaque bande un optimum (déterminé par une certaine proportion du corps dilué) auquel correspond le maximum de lumière. Enfin, le *spectre de phosphorescence est caractéristique des traces de matières en état de dilution.*

Il en est tout autrement pour les sels d'uranyle : pour aucune de leurs bandes on n'a observé d'optimum, et *les spectres sont dus à l'uranium lui-même*, puisque leurs caractères se retrouvent dans les spectres d'absorption de tous les sels d'uranium, qu'ils soient ou non phosphorescents.

Les sels d'uranyle ne pourraient rentrer dans la même catégorie que les autres substances phosphorescentes que si l'uranium était toujours accompagné d'un métal inconnu auquel appartiendraient les spectres d'absorption et de phosphorescence. Il est plus logique de penser que les sels d'uranyle émettent de la lumière par eux-mêmes, sans renfermer nécessairement à l'état dilué une substance indépendante de l'uranium.

On remarquera toutefois que, comme dans les autres phosphores, les centres lumineux doivent être très raréfiés. L'étude de la dispersion dans les cristaux de terres rares a montré que les centres produisant l'absorption sélective sont en très faible proportion par rapport au nombre total des molécules (Jean Becquerel). Avec les sels d'uranyle, la liaison entre l'émission et l'absorption rend probable la même conclusion pour les bandes de phosphorescence.

L'origine des centres lumineux dans les sels d'uranyle reste encore inexpliquée. Il n'est pas impossible qu'il existe une relation entre les propriétés radioactives et les propriétés lumineuses de ces substances. L'émission des particules α et β met sans doute en mouvement toutes les parties constituantes de l'atome d'uranium, et peut-être pendant cette phase d'instabilité l'atome se trouve-t-il particulièrement apte à subir, sous l'influence de la lumière excitatrice, l'effet photo-électrique [1]. Des molécules conte-

---

[1] On sait que, d'après les belles recherches expérimentales et théoriques de M. Lenard sur les sulfures phosphorescents, la phosphorescence a pour cause première un effet photo-électrique.

nant un atome en voie de transformation radioactive, ou encore des groupements complexes renfermant de semblables molécules pourraient être l'origine des centres lumineux. L'uranium porterait ainsi avec lui-même la cause de la phosphorescence sans l'intervention d'aucun métal étranger.

Cette hypothèse offre l'intérêt de rapprocher l'une de l'autre deux propriétés exceptionnelles de l'uranium, mais il ne faut pas se dissimuler qu'elle entraîne de grandes difficultés, surtout en raison de l'extrême rareté des atomes en évolution.

Nous remarquerons encore que la quantité de lumière émise ne paraît pas diminuer d'intensité lorsqu'on abaisse la température jusqu'à 14° K (— 259° C.). L'émission est toujours de courte durée, et, même si l'excitation est produite à 14° K, il ne se manifeste aucune thermoluminescence pendant le réchauffement.

Toutes ces propriétés sont bien particulières aux sels d'uranyle et leur donnent une place à part parmi les phosphores.

La conclusion de cette étude est que l'explication de la phosphorescence des sels d'uranyle doit être recherchée dans des mouvements contenus dans l'atome de l'uranium lui-même, et dans la structure des molécules qui renferment cet atome.

On peut imaginer que le mécanisme de la phosphorescence se produit, soit dans des centres complexes où l'uranium est le seul métal actif, soit simplement dans l'atome d'uranium et dans le groupe uranyle.

En suivant les idées développées dans la belle théorie de M. Lenard, on peut admettre que, sous l'influence photo-électrique de la lumière, des électrons sont projetés hors de la position qu'ils occupaient dans certains atomes d'uranium, puis s'arrêtent dans une autre partie de l'atome ou du radical et y restent temporairement. Après un temps très court ils reviennent aux positions primitives d'équilibre en produisant une émission de lumière.

Le retour rapide des électrons, presque immédiat même aux plus basses températures, montre que la résistance à leur mouvement est toujours très faible. Ce résultat est favorable à l'hypothèse d'une localisation des mouvements dans l'atome d'uranium ou dans l'uranyle.

Bien entendu, ces mouvements des électrons, et par suite les bandes du spectre, sont variables d'un sel à l'autre, car ils sont soumis à l'influence du champ électrique des autres atomes unis à l'uranyle dans une même molécule.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la comète* 1910*a*. Note de MM. **H. Deslandres** et **P. Idrac**.

L'Observatoire de Meudon a déjà publié une Note sur la même comète, sous le titre : *Premières observations faites à Meudon sur la comète Drake ;* le nom de Drake étant d'ailleurs impropre comme on l'a su depuis [1]. Cette première Note expose les recherches sur l'éclat et la forme de la comète, faites avec l'œil ou la plaque photographique, et aussi l'étude spectrale poursuivie avec des chambres prismatiques. Ces derniers appareils conviennent en effet pour une première reconnaissance; ils donnent avec la pose minima les traits généraux du spectre et pour la comète entière.

Cependant l'Observatoire a employé aussi le spectrographe ordinaire à fente, qui est supérieur pour la mesure précise des longueurs d'onde, et nous donnons ici le résultat obtenu.

L'appareil, déjà utilisé pour les comètes Daniel et Morehouse, est simple. Il comprend un objectif astronomique qui a seulement 10^{cm} d'ouverture et 80^{cm} de distance focale, et un spectrographe à deux prismes avec un collimateur de $0^{m},30$ et une chambre de $0^{m},12$. Toutes les parties sont de petite dimension; mais la chambre finale offre une grande concentration de lumière, le rapport d'ouverture étant voisin de $\frac{1}{3}$. De plus, le spectrographe entier est mobile autour de l'axe du collimateur, ce qui permet de placer la fente sur la queue et le noyau de la comète.

Nous avons obtenu une seule épreuve vraiment bonne, et dans la soirée du 29 janvier qui a été très belle. La pose, qui a été commencée avant la fin du crépuscule, n'a pu être prolongée au delà de 45 minutes; mais le spectre cométaire, encadré entre deux spectres de l'étincelle de fer, est suffisamment intense et s'étend de λ 500 à λ 380.

Le noyau offre un spectre continu avec des condensations nettes, dont quelques-unes se prolongent un peu dans la tête et dans la queue. La mesure de ces condensations en longueurs d'onde est résumée dans le Tableau ci-après.

---

[1] Voir les *Comptes rendus* du 31 janvier 1910, t. 150, p. 253, par H. Deslandres, A. Bernard et C. d'Azambuja.

Comète.		Corps observés au laboratoire.		
Intensités des radiations observées.	Longueurs d'onde des radiations observées.	Intensités des radiations.	Longueurs d'onde des radiations.	Corps correspondants.
5.....	473,75	4	473,72	Groupe de bandes bleu des hydrocarbures
6.....	471,65	3	471,53	
8.....	468,65	1	468,40	
2.....	de 438 à 435		438,19 437,13 436,5	Hydrocarbures
Condensation nette à....	436,65			
	431,7		431,5	Hydrocarbures (?)
	430,75		430,80	Raie noire solaire G
6.....	421,6	5	421,61	Cyanogène
3.....	419,65	4	419,72	
1.....	412,3		?	
1,5.....	408,40		408,35 408,17	Hydrocarbures
2.....	402,10		402,24	Com. Morehouse (?)
9.....	388,30	10	388,36	Cyanogène
7.....	386,75	8	387,15 386,21 } Moyenne 386,68	

Le spectrographe à fente confirme donc les résultats antérieurement publiés des chambres prismatiques pour la même date : la comète présente les spectres complets des hydrocarbures et du cyanogène [1].

De plus, la mesure exacte des longueurs d'onde et la séparation plus nette des radiations, assurées par le spectrographe à fente, décèlent et mettent en relief plusieurs points curieux.

Les bandes du groupe bleu des hydrocarbures ont des intensités relatives différentes dans la comète et dans les sources de laboratoire; les bandes les plus intenses sont les plus réfrangibles dans la comète, contrairement à ce qui se passe avec l'arc électrique ou le brûleur Bunsen. Le même fait avait été signalé déjà dans plusieurs comètes, dès le début de l'application de l'analyse spectrale, et pour les bandes jaunes et vertes des hydrocarbures; il est très net avec la bande bleue de la comète actuelle.

On a aussi rapporté aux hydrocarbures le groupe de condensations de λ 438 à λ 435, et la condensation λ 408; car elles sont très voisines de bandes

[1] Le spectre du cyanogène a les bandes les plus intenses, mais il n'est pas absolument complet, le groupe λ460 faisant défaut ou se détachant mal sur le spectre continu.

que Deslandres, d'après une Note déjà ancienne (1891), a rattachées par le calcul au spectre des hydrocarbures, en partant de la loi générale de distribution des bandes posée par lui en 1885, et des bandes déjà connues des hydrocarbures (¹). Le groupe λ 438 a été retrouvé dans l'arc électrique, mais le groupe λ 408 n'a pas encore été signalé dans aucune source connue. Le spectre des hydrocarbures, ainsi que celui de l'hydrogène, développerait ses harmoniques plus aisément dans les astres que dans les sources terrestres.

La condensation λ 402 a été rapprochée de l'une des trois radiations nouvelles et intenses qui ont été reconnues dans les comètes Daniel et Morehouse; mais les autres manquent, et en particulier la radiation λ 426, qui est légèrement la plus intense. Nous avions pensé que ces radiations pourraient apparaître pour une distance déterminée de la comète au Soleil; cette épreuve unique, de pose relativement courte, ne permet aucune conclusion.

Enfin l'épreuve montre un spectre continu avec les raies noires les plus larges du spectre solaire; même la raie G se détache noire dans le spectre du noyau. Comme la pose a commencé avant la fin du crépuscule, une partie au moins de ce spectre continu est due à notre atmosphère.

Le 29 janvier, la comète 1910*a*, dont les varations spectrales ont été déjà décrites (voir la Note précédente), avait un spectre semblable, dans ses traits généraux, à celui que présente actuellement la comète de Halley, étudiée aussi et suivie à Meudon. L'Observatoire, qui a publié en décembre dernier ses premiers résultats sur la comète de Halley, lui consacrera prochainement une Note nouvelle.

HYDRODYNAMIQUE. — *Propagation verticale, aux grandes profondeurs, du mouvement des ondes par émersion dans les cas d'un canal ou d'un bassin horizontalement indéfinis.* Note de M. **J. Boussinesq**.

1. La méthode que j'ai suivie, vers 1880, pour traiter le problème des ondes par émersion dans un canal ou un bassin indéfinis de grande profondeur (²), et qui consiste à diviser la difficulté en faisant intervenir successi-

(¹) *Méthode nouvelle pour la recherche des bandes faibles dans les spectres de bandes. Application au spectre des hydrocarbures* (*Comptes rendus*, t. CXII, 1891, p. 661).

(²) Voir, par exemple, mon *Cours d'Analyse infinitésimale* pour la Mécanique et la Physique (t. II, fascicule II, p. 496* à 515*).

vement diverses équations aux dérivées partielles du problème, dont l'une est du quatrième ordre, conduit à mettre le potentiel φ des vitesses, dans les deux cas du problème *plan* (à coordonnées x, z) et du problème à *trois* coordonnées x, y, z, sous une forme commune

$$(1)\qquad \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\int_0^\infty \left[f\left(\frac{\alpha^2}{2}, x, z\right) \text{ ou } f\left(\frac{\alpha^2}{2}, x, y, z\right)\right]\psi\left(\frac{t^2}{2\alpha^2}\right)d\alpha,$$

où $\psi(\gamma)$ désigne la fonction particulière, évaluable de diverses manières,

$$(2)\quad \psi(\gamma) = \int_0^{\sqrt{\gamma}} \sin(\gamma - \mu^2)\,d\mu, \qquad \text{donnant} \qquad \psi'(\gamma) = \int_0^{\sqrt{\gamma}} \cos(\gamma - \mu^2)\,d\mu.$$

et où f, fonction paire de sa première variable, se trouve définie par l'une des deux formules

$$(3)\quad \begin{cases} f(\mathrm{T}, x, z) = \mathrm{F}(x + \mathrm{T}, z) + \mathrm{F}(x - \mathrm{T}, z), \\ f(\mathrm{T}, x, y, z) = \dfrac{1}{\pi}\dfrac{d}{d\mathrm{T}}\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} \mathrm{T}\cos\mu\,d\mu \int_0^{2\pi} \mathrm{F}(x + \mathrm{T}\cos\mu\cos\theta, y + \mathrm{T}\cos\mu\sin\theta, z)\,d\theta, \end{cases}$$

de manière à donner soit

$$\frac{d^2 f}{d\mathrm{T}^2} = \frac{d^2 f}{dx^2}, \qquad \text{soit} \qquad \frac{d^2 f}{d\mathrm{T}^2} = \frac{d^2 f}{dx^2} + \frac{d^2 f}{dy^2}.$$

Enfin, la fonction $\mathrm{F}(x, z)$ ou $\mathrm{F}(x, y, z)$, dont dépend l'expression de f, désigne la dénivellation initiale h_0, que représentent ici, d'après les formules (1) de ma précédente Note (*Comptes rendus*, p. 578), les deux intégrales définies

$$(4)\quad \begin{cases} \mathrm{F}(x, z) = \dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int \frac{z\,dm}{z^2 + (x - \xi)^2}, \\ \mathrm{F}(x, y, z) = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int \frac{z\,dm}{[z^2 + (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2]^{\frac{3}{2}}}. \end{cases}$$

On peut voir, à l'endroit cité de mon *Cours d'Analyse infinitesimale* et aussi dans un Mémoire du Tome XIII (4e série, 1885) de la *Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille* [1], que cette méthode facilite notablement l'étude des ondes visibles, c'est-à-dire des phénomènes pro-

---

[1] *Applications des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, avec des Notes étendues sur divers points de Physique mathématique et d'Analyse* (p. 578 à 651).

duits à la surface $z = 0$ [1]. Mais elle paraît moins avantageuse pour le calcul des phénomènes intérieurs. Je vais montrer néanmoins qu'elle fait, assez simplement, connaître les circonstances produites, *sous la région d'émersion*, aux grandes profondeurs z, c'est-à-dire aux distances z de la surface considérables par rapport aux dimensions de cette région, circonstances qu'avait étudiées déjà Poisson aux paragraphes IV et VII de son Mémoire de 1815.

II. A ces grandes profondeurs z, le volume d'émersion est évidemment assimilable à un simple élément dm, dont la verticale sera prise comme axe des z; en sorte que, dans (4), $F(x, z)$ et $F(x, y, z)$ deviendront $\frac{z\,dm}{\pi(z^2+x^2)}$ et $\frac{z\,dm}{2\pi(z^2+x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}}$. Les valeurs (3) de la fonction f, où x et y pourront d'ailleurs être annulés puisqu'on se meut, ici, uniquement le long de l'axe des z, deviendront respectivement

$$f(\mathrm{T}, 0, z) = \frac{2z\,dm}{\pi(z^2+\mathrm{T}^2)}, \qquad f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{z\,dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mathrm{T}\cos\mu\,d\mu}{(z^2+\mathrm{T}^2\cos^2\mu)^{\frac{3}{2}}}.$$

Après avoir remplacé dans la seconde, sous le signe $\int$, $\mathrm{T}^2\cos^2\mu$ par $\mathrm{T}^2 - \mathrm{T}^2\sin^2\mu$, prenons comme variable d'intégration le produit $\mathrm{T}\sin\mu = \lambda$; et il viendra, par l'effectuation de l'intégration indéfinie,

$$f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{z\,dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\left[\frac{\lambda(z^2+\mathrm{T}^2-\lambda^2)^{\frac{1}{2}}}{z^2+\mathrm{T}^2}\right]_{\lambda=0}^{\lambda=\mathrm{T}} = \frac{dm}{\pi}\frac{d}{d\mathrm{T}}\frac{\mathrm{T}}{z^2+\mathrm{T}^2}.$$

On a donc, en définitive,

$$f(\mathrm{T}, 0, z) = \frac{2z\,dm}{\pi(z^2+\mathrm{T}^2)}, \qquad f(\mathrm{T}, 0, 0, z) = \frac{dm}{\pi}\frac{z^2-\mathrm{T}^2}{(z^2+\mathrm{T}^2)^2};$$

et les deux formules (3), où il reste à remplacer T par $\frac{\alpha^2}{2}$, réduisent les deux expressions (1) du potentiel φ des vitesses à celles-ci,

$$(5) \qquad \varphi = \frac{2\sqrt{2}\,dm}{\pi^2}\int_0^{\infty}\left[\frac{2z}{z^2+\frac{\alpha^4}{4}}, \frac{z^2-\frac{\alpha^4}{4}}{\left(z^2+\frac{\alpha^4}{4}\right)^2}\right]\psi\left(\frac{t^2}{2\alpha^2}\right)d\alpha.$$

---

[1] Voir notamment les pages 634 à 639 de ce Mémoire, pages où sont étudiées les ondes près du lieu d'émersion.

III. Cherchons, par exemple, la dénivellation h, dérivée de φ en t. Une règle de différentiation exposée aux endroits cités donnera immédiatement, en appelant β le quotient de t par α et posant, pour abréger, $\frac{2z}{l^2} = \gamma$ (avec M. Rousier dans sa thèse de doctorat),

$$(6) \qquad h = \frac{2\sqrt{3}\,dm}{\pi^2}\int_0^\infty \left[\frac{2\gamma^2\beta^4}{z(\gamma^2\beta^4+1)}, \frac{\gamma^2\beta^4(\gamma^2\beta^4-1}{z^2(\gamma^2\beta^4+1)^2}\right]\psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta.$$

Remplaçons $\frac{\gamma^2\beta^4}{\gamma^2\beta^4+1}$ et $\frac{\gamma^2\beta^4(\gamma^2\beta^4-1)}{(\gamma^2\beta^4+1)^2}$, respectivement, par

$$1 - \frac{1}{1+\gamma^2\beta^4} \quad \text{et par} \quad 1 - \frac{3}{1+\gamma^2\beta^4} + \frac{2}{(1+\gamma^2\beta^4)^2}.$$

De plus, rappelons-nous que, parmi les propriétés de la fonction ψ' signalées aux endroits cités, se trouve celle-ci, $\int_0^\infty \psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta = \frac{\pi}{4\sqrt{2}}$; et posons enfin, pour abréger,

$$(7) \qquad I_n = \int_0^\infty \frac{\psi'\left(\frac{\beta^2}{2}\right)d\beta}{(1+\gamma^2\beta^4)^n}.$$

Les deux formules respectives de h deviendront aisément

$$(8) \qquad h = \frac{dm}{\pi z}\left(1 - \frac{4\sqrt{2}}{\pi}I_1\right), \qquad h = \frac{dm}{2\pi z^2}\left(1 - \frac{12\sqrt{2}}{\pi}I_1 + \frac{8\sqrt{2}}{\pi}I_2\right).$$

IV. D'après l'expression (2) de la fonction ψ', l'intégrale définie (7) revient à

$$I_n = \int_0^\infty \frac{d\beta}{(1+\gamma^2\beta^4)^n}\int_0^{\frac{\beta}{\sqrt{2}}} \cos\left(\frac{\beta^2}{2} - \mu^2\right)d\mu,$$

ou bien, en écrivant $\beta = \sqrt{2}\nu$, à

$$(9) \qquad I_n = \sqrt{2}\int_0^\infty \frac{d\nu}{(1+4\gamma^2\nu^4)^n}\int_0^\nu \cos(\nu^2 - \mu^2)\,d\mu.$$

Remplaçons μ et ν, assimilés aux deux coordonnées rectangulaires d'un plan, par les deux coordonnées polaires ρ et ω qu'indiquent les formules de transformation $\nu = \rho\cos\omega$, $\mu = \rho\sin\omega$. Il vient aisément

$$I_n = \sqrt{2}\int_0^{\frac{\pi}{4}} d\omega \int_0^\infty \frac{\cos(\rho^2\cos 2\omega).\rho\,d\rho}{(1+4\gamma^2\rho^4\cos^4\omega)^n}.$$

Adoptons au lieu de ρ, comme variable d'intégration, le produit $\alpha = (2\gamma\cos^2\omega)\rho^2$, et posons en outre, d'une part, $\tang\omega = \psi$, d'autre part, pour abréger,

$$(10)\qquad X = \frac{\cos 2\omega}{2\gamma\cos^2\omega} = \frac{1-\psi^2}{2\gamma}.$$

Nous aurons enfin

$$(11)\qquad I_n = \frac{1}{2\gamma X^2}\int_0^1 d\psi \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{(1+\alpha^2)^n}.$$

Or, ici, la valeur de l'intégrale en α, où le paramètre X est positif, se déduit par $n-1$ différentiations en X de la formule de Laplace, bien connue,

$$(12)\qquad \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{1+\alpha^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}, \qquad \text{ou mieux (}^1\text{)} \qquad \int_0^\infty \frac{\cos u\,du}{X^2+u^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}X^{-1}.$$

Une seule différentiation suffit pour avoir I_2; et il vient

$$\int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{1+\alpha^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}, \qquad \int_0^\infty \frac{\cos(X\alpha)\,d\alpha}{(1+\alpha^2)^2} = \frac{\pi}{2}e^{-X}\frac{1+X}{2}.$$

Il en résulte immédiatement, vu la valeur (10) de X, des expressions de I_1, I_2, sous forme d'intégrales définies simples; et les formules (8) de h deviennent enfin

$$(13)\qquad \begin{cases} h = \dfrac{dm}{\pi z}\left[1 - \dfrac{1}{\gamma}\displaystyle\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}\,d\psi\right], \\[2ex] h = \dfrac{dm}{2\pi z^2}\left[1 - \dfrac{2}{\gamma}\displaystyle\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}\,d\psi + \dfrac{1}{2\gamma^2}\int_0^1 e^{-\frac{1-\psi^2}{2\gamma}}(1-\psi^2)\,d\psi\right]. \end{cases}$$

V. Les intégrations en ψ qui y subsistent peuvent s'effectuer en série de deux manières, consistant, la première, à développer les fonctions sous le signe $\int$ suivant les puissances ascendantes de $1-\psi^2$, et, la seconde, à faire préalablement sortir des signes $\int$ le facteur $e^{-\frac{1}{2\gamma}}$ de l'exponentielle, puis à développer suivant les puissances de ψ^2 les fonctions restées sous les

(1) *Voir*, par exemple, mon *Cours d'Analyse infinitésimale* pour la Mécanique et la Physique. t. II, fascicule II, p. 263*.

signes $\int$, en intégrant, d'ailleurs, finalement, terme à terme dans chaque cas. La première méthode redonne les développements de Mac-Laurin obtenus dans ma précédente Note [formules (4) et (10)], appliqués au cas présent où $\theta = 0$ et $P_n = 1$. La seconde, plus avantageuse, conduit aux séries suivantes, où j'ai désigné par q, avec Poisson, le quotient de l^2 par $4z$, c'est-à-dire l'inverse de 2γ :

$$(14)\quad \begin{cases} h = \dfrac{dm}{\pi z}\left[1 - 2e^{-q}\left(q + \dfrac{q^2}{1.3} + \dfrac{q^3}{1.2.5} + \ldots \right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left. + \dfrac{q^n}{1.2.3\ldots(n-1)(2n-1)} + \ldots\right)\right], \\ h = \dfrac{dm}{2\pi z^2}\left[1 - 4e^{-q}\left(q + \dfrac{q^3}{1.2.3.5} + \dfrac{q^4}{1.3.5.7} + \ldots \right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left. + \dfrac{q^n}{1.2\ldots(n-3)(n-1)(2n-3)(2n-1)} + \ldots\right)\right]. \end{cases}$$

On en déduit la vitesse descendante $\dfrac{dh}{dt} = \dfrac{dh}{dq}\dfrac{t}{2z}$ des molécules :

$$(15)\quad \begin{cases} \dfrac{dh}{dt} = \dfrac{t\,dm}{\pi z^3}e^{-q}\left(-1 + \dfrac{q}{3} + \dfrac{q^2}{1.2.3.5} + \ldots \right. \\ \qquad\qquad \left. + \dfrac{q^n}{1.2\ldots n(2n-1)(2n+1)} + \ldots\right), \\ \dfrac{dh}{dt} = \dfrac{t\,dm}{\pi z^3}e^{-q}\left(-1 + q - \dfrac{q^2}{2.5} - \dfrac{q^3}{2.3.5.7} - \ldots \right. \\ \qquad\qquad \left. - \dfrac{3q^n}{(2.3\ldots n)(2n-3)(2n-1)(2n+1)} - \ldots\right). \end{cases}$$

Ces dernières formules avaient été obtenues tout autrement par Poisson, aux nos 27 et 51 de son Mémoire. Il en avait déduit que, sur la verticale du lieu d'émersion, le mouvement, d'abord ascendant, ne s'annule, pour devenir ensuite descendant, qu'une seule fois dans le cas des ondes cylindriques d'un canal, tandis que dans celui d'ondes propagées en longueur et en largeur, il redevient une fois encore ascendant avant de s'éteindre. Et, en effet, la parenthèse des seconds membres de (15), négative pour $q = 0$, mais sans cesse croissante dans la première formule, y devient définitivement positive dès qu'elle s'est annulée, tandis que, dans la seconde formule, elle a sa dérivée d'abord positive mais sans cesse décroissante, en sorte que cette parenthèse redevient elle-même définitivement négative après s'être annulée deux fois.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium. Dédoublement des hexaalcoylacétones.* Note de MM. **Haller** et **Ed. Bauer**.

Dans ses recherches sur les cétones cycliques [1], l'un de nous a montré qu'il était possible de substituer quatre groupes méthyle à l'hydrogène des deux radicaux méthyléniques avoisinant la fonction cétone de la β-méthylhexanone.

Les cétones aliphatiques de la forme $R.CH^2.CO.CH^2.R$, y compris l'acétone la plus simple, $CH^3.CO.CH^3$, se prêtent aux mêmes réactions.

Pour la présente étude, nous nous sommes adressés à la diéthylcétone $CH^3.CH^2.COCH^2.CH^3$.

I. *Méthylation de la diéthylcétone.* — Pour éviter une réaction trop vive entre l'amidure et la diéthylcétone, on a soin de n'introduire que progressivement cette dernière dans un ballon contenant l'amidure pulvérisé et l'éther anhydre. Quand le dégagement d'ammoniaque a cessé, on fait réagir l'iodure de méthyle et on chauffe à l'ébullition. Au bout d'une heure, on laisse refroidir, et l'on ajoute peu à peu au mélange une nouvelle molécule d'amidure, puis, lorsqu'il ne se dégage plus d'ammoniaque, une seconde quantité d'iodure de méthyle équivalente à la première. Après avoir porté le tout à l'ébullition pendant 1 heure, on soumet le mélange au traitement habituel.

Une série de fractionnements a permis d'isoler :

1° Un liquide passant de 116° à 119° et qui est constitué par de l'*éthylisopropylcétone;*

2° Un produit distillant de 123° à 124°,5 et qui est formé par de la *diisopropylcétone;*

3° Une substance bouillant à une température beaucoup plus élevée (148°-152° sous 18^{mm}) $C^{15}H^{26}O$ et qui paraît être un produit de condensation de la cétone sur elle-même.

L'éthylisopropylcétone $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH.CO.CH^2.CH^3$ est un liquide à odeur agréable qui, nous le répétons, distille de 116° à 119°. Elle contient cependant encore un peu de diisopropylcétone impossible à séparer par distillation.

---

[1] A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1139; t. CXL, p. 127 et 1625.

La diisopropylcétone $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH.CO.CH\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$ constitue la partie la plus importante de la réaction et se présente sous la forme d'un liquide, à odeur légèrement camphrée et bouillant 123°-124°, 5 à la pression normale. Obtenue jadis par Poletajew (1), puis signalée par Nef (2), elle a récemment été préparée par M. Senderens, en faisant passer des vapeurs d'acide isobutyrique sur de la thorine chauffée entre 380° et 420° (3).

Sa semicarbazone fond à 143°-144°.

Le composé $C^{15}H^{26}O$ qu'on recueille en soumettant les portions les moins volatiles à la distillation fractionnée dans le vide forme environ 5 à 8 pour 100 de la diéthylcétone mise en œuvre. C'est un liquide qui distille de 148° à 152° sous 18mm. Il décolore le brome et ne forme pas d'oxime. La formule centésimale correspondrait à une phorone de la diéthylcétone :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!C=CH.CO.CH=C\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\quad \begin{matrix}CH^3CH^2\\CH^3CH^2\end{matrix}\!\!>\!C=\underset{\underset{CH^3}{|}}{C}-CO-\underset{\underset{CH^3}{|}}{C}=C\!<\!\!\begin{matrix}CH^2CH^3\\CH^2CH^3\end{matrix}$$

La diisopropylcétone dont nous venons de donner la préparation, nous a conduit à préparer un troisième isomère de la hexaméthylacétone, la tétraméthyléthylacétone. Elle a été obtenue en faisant réagir l'iodure d'éthyle sur la diisopropylcétone sodée, au sein de l'éther, au moyen de l'amidure de sodium et isolant le produit suivant le mode accoutumé.

La tétraméthyléthylacétone ou *triméthyl-3.3.5-hexanone-4*

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH.CO-C\!<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\CH\\CH^3\end{matrix}$$

est un liquide qui distille entre 158° et 161°, point d'ébullition qui est notablement plus élevé que celui de la hexaméthylacétone (151°). Elle ne donne ni oxime, ni semicarbazone.

Réduite au moyen de l'alcool et du sodium, elle donne naissance à l'alcool *tétraméthyléthylisopropylique* ou *triméthyl-3.3.5-hexanol-4*

$$(CH^3)^2.CHHCOHCH\!<\!\!\begin{matrix}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{matrix},$$

liquide peu mobile, passant de 170° à 171°. Il possède une odeur de bornéol moins poivrée que celle de son isomère, l'hexaméthylisopropanol.

Sa phényluréthane fond à 164°.

---

(1) Poletajew, *Deut. chem. Ges.*, t. XXIV, p. 1309.

(2) *Liebig's Annalen*, t. CCCX, p. 324.

(3) Senderens, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 929.

La *tétraméthyldiéthylacétone* ou *diméthyl*-3.3.5.5-*heptanone*-4

$$CH^3-CH^2-\overset{\overset{CH^3}{|}}{\underset{\underset{CH^3}{|}}{C}}-CO.\overset{\overset{CH^3}{|}}{\underset{\underset{CH^3}{|}}{C}}-C^2H^5$$

prend naissance en éthylant la tétraméthyléthylacétone sodée au moyen de l'amidure au sein du benzène. On rectifie le produit et, en soumettant les fractions passant au-dessous de 190° à une nouvelle éthylation, on arrive à transformer la presque totalité de la cétone primitive en acétone hexasubstituée bouillant de 196° à 198° à pression normale.

La tétraméthyl-3.3.5.5-heptanone-4 est un liquide mobile, à odeur camphrée assez agréable, ne donnant ni oxime, ni semicarbazone.

Réduite par l'alcool et le sodium, elle est convertie en alcool *tétraméthyldiéthylisopropylique symétrique* ou *tétraméthyl*-3.3.5.5-*heptanol*-4 :

$$\begin{matrix} C^2H^5 \\ (CH^3)^2 \end{matrix}\!\!>C.CHOH.C<\!\!\begin{matrix} C^2H^5 \\ (CH^3)^2 \end{matrix}.$$

Liquide moins mobile que la cétone dont il dérive, et qui possède toujours l'odeur de bornéol caractéristique de la plupart de ses congénères. Il bout à 210°-212° à la pression ordinaire.

Sa phénylurethane fond à 62°-63°.

Les exemples qui précèdent suffisent pour montrer que n'importe quelle cétone aliphatique, normale ou arborescente, symétrique ou non symétrique, est susceptible d'échanger les atomes d'hydrogène des radicaux hydrocarbonés voisins du groupement cétonique, contre un ou plusieurs radicaux alcooliques, quand on le traite par de l'amidure de sodium et des carbures monohalogènes. Le terme final de l'alcoylation de la cétone sera toujours de l'hexaalcoylacétone symétrique ou non symétrique, suivant la constitution de la cétone qui a servi de point de départ.

II. Les trialcoylpinacolines, et, d'une façon générale, les hexaalcoylacétones qui ont fait l'objet de nos études se rapprochent, dans une certaine mesure, des diarylcétones, comme la benzophénone, ou des trialcoylacétophénones. Or, nous avons montré [1] que lorsqu'on chauffe ces combinaisons, au sein d'un carbure aromatique, avec de l'amidure de sodium et qu'on traite ensuite le produit de la réaction par de l'eau, on détermine le dédoublement des cétones en amides, carbures et acides, ces derniers provenant, sans aucun doute, de l'action de la soude caustique sur les amides.

---

[1] A. Haller et Ed. Bauer, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. XVI, p. 145.

Avec les cétones symétriques comme la benzophénone, on n'obtient naturellement qu'une amide et un carbure, tandis qu'avec les cétones dissymétriques il se forme deux amides et deux carbures. Ainsi avec la *p*-tolylphénylcétone, on produit un mélange d'amides benzoïque et *p*-toluique.

Quant aux trialcoylacétophénones, elles donnent pour ainsi dire exclusivement naissance à de la benzine et des trialcoylacétamides.

Nous avons soumis les *hexaalcoylacétones*, étudiées dans notre dernière Communication et dans la première partie de cette Note, à la même action dédoublante (¹).

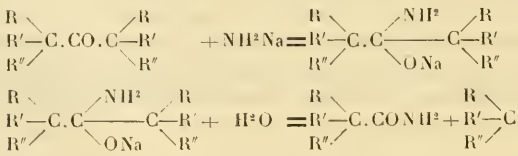
On dissout l'acétone hexasubstituée dans le benzène, ou tout autre hydrocarbure aromatique anhydre, et l'on ajoute à la solution $1^{mol},25$ à 2^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé. Le mélange est ensuite chauffé dans un ballon muni d'un appareil à reflux, pendant 4 à 6 heures.

On remarque d'abord une dissolution partielle de l'amidure et la liqueur prend une teinte brun jaune. Il ne se dégage pas de trace d'ammoniaque ni d'aucun gaz. Au bout de 6 heures on ajoute alors, au moyen d'un entonnoir à robinet, de l'eau goutte à goutte, tout en maintenant la liqueur en légère ébullition. Il se déclare aussitôt une vive réaction avec dégagement gazeux, quand le carbure provenant du dédoublement de la cétone est un gaz. On recueille ce dernier sur la cuve à eau ou sur la cuve à mercure. L'ammoniaque résultant de l'action de l'eau sur l'amidure non entré en combinaison n'apparaît qu'après le dégagement du carbure.

Si l'on opérait sur de grandes quantités de matière, il faudrait refroidir de façon à apaiser la réaction tumultueuse provoquée par addition d'eau au mélange.

Quand la réaction est terminée, on ajoute encore de l'eau pour diluer la soude formée et l'on décante, si l'amide n'a pas encore cristallisé, car les amides trialcoylacétiques sont en général peu solubles dans la benzine et les carbures benzéniques. Si l'amide s'est précipitée, on essore tout le liquide et l'on sépare par décantation les deux couches aqueuse et benzénique. La première est évaporée et acidulée afin de recueillir une partie de l'amide soluble à la faveur de la soude caustique. Quant à la solution benzénique, on la fractionne dans le but de rechercher les carbures aliphatiques dans le cas où ils sont liquides.

L'ensemble des réactions peut se traduire de la façon suivante :



$$\begin{matrix} R \diagdown \\ R' - C.CO.C - R' \\ R'' \diagup \quad \diagdown R'' \end{matrix} + NH^2Na = \begin{matrix} R \diagdown \\ R' - C.C - \overset{NH^2}{\underset{ONa}{\text{———}}} C - R' \\ R'' \diagup \quad \diagdown R'' \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} R \diagdown \\ R' - C.C - \overset{NH^2}{\underset{ONa}{\text{———}}} C - R' \\ R'' \diagup \quad \diagdown R'' \end{matrix} + H^2O = \begin{matrix} R \diagdown \\ R' - C.CONH^2 \\ R'' \diagup \end{matrix} + \begin{matrix} R \diagdown \\ R' - CH \\ R'' \diagup \end{matrix} + NaHO.$$

(¹) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 127, et t. CXLIX, p. 5.

Dédoublement de la pivalone ou hexaméthylacétone

$$(CH^3)^3.C.CO.C.(CH^3)^3.$$

La molécule étant symétrique, on ne peut obtenir par dédoublement que de l'amide pivalique et du triméthylméthane.

On observe en effet un dégagement d'un gaz brûlant avec une flamme éclairante, quand on ajoute peu à peu de l'eau au produit de la réaction de l'amidure sur la pivalone. On a, de plus, constaté qu'il se forme un abondant précipité d'amide pivalique fondant à 154°-155°, et que les eaux mères, séparées de la benzine, en fournissent une nouvelle quantité quand on les neutralise par de l'acide sulfurique. Ces eaux sursaturées par l'acide manifestent d'autre part nettement l'odeur d'acide pivalique provenant de la saponification de l'amide.

Quant à la liqueur benzénique, elle laisse, après distillation, également un petit résidu d'amide pivalique.

Dédoublement de la pentaméthyléthylacétone $(CH^3)^3.C.CO.CH\begin{cases}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{cases}$. — Cette cétone peut se scinder de deux façons différentes :

$$(1)\qquad (CH^3)^3.C.CO.C\begin{cases}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{cases} \rightarrow (CH^3)^3\ CH + \begin{matrix}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{matrix}\Big\rangle C.CONH^2,$$

$$(2)\qquad (CH^3)^3.C.CO.C\begin{cases}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{cases} \rightarrow \begin{matrix}(CH^3)^2\\C^2H^5\end{matrix}\Big\rangle CH + (CH^3)^3.C—CONH^2.$$

Dans le premier cas, il se forme du triméthylméthane et de la diméthyléthylacétamide, et dans le second cas, du diméthyléthylméthane et de l'amide pivalique.

Les deux réactions se produisent en réalité.

Nous n'avons pas recueilli les gaz dégagés et nous nous sommes bornés à isoler les amides formées. On obtient naturellement un mélange des deux amides que nous avons tenté de séparer par cristallisations fractionnées au sein de l'éther anhydre. La fraction la moins soluble est principalement constituée par de l'amide pivalique légèrement souillée d'amide diméthyléthylacétique, car elle fondait à 150°-151° alors que l'amide pivalique pure fond à 154°-155°. Quant à la partie la plus soluble, au lieu de fondre à 103°-104° qui est le point de fusion de l'amide diméthyléthylacétique, elle montra le point le de fusion de 104°-105°.

Dédoublement de la *tétraméthyldiéthylacétone symétrique*

$$\begin{matrix}C^2H^5\\(CH^3)^2\end{matrix}\Big\rangle C.CO.C\begin{cases}C^2H^3\\(CH^3)^2.\end{cases}$$

Opérée au sein du benzène, la réaction a fourni un gaz brûlant avec une flamme éclairante et de l'amide diméthyléthylacétique pur du premier jet et fondant à 103°-104°.

Dédoublement de la triéthylpinacoline $(CH^3)^3.C.CO.C(C^2H^5)^3$.

En sa qualité d'acétone hexasubstituée dissymétrique, cette pinacoline peut également donner lieu à la production de deux carbures et de deux amides.

La scission a été faite au sein du métaxylène bouillant de 139°.

Après addition d'eau au produit de la réaction de l'amidure sur le cétone, on a observé le dégagement d'un gaz brûlant avec une flamme éclairante.

D'autre part, le liquide essoré a fourni de l'amide pivalique qu'une seule cristallisation dans l'éther ordinaire a permis d'obtenir à l'état pur.

Les eaux mères aqueuses en renfermaient également. Il a suffi de les neutraliser et de les concentrer pour en recueillir une nouvelle quantité.

Le xylène renferme en dissolution un carbure qu'on réussit à séparer par une série de fractionnements et de l'amide triéthylacétique fondant à 108° qu'on obtient par concentration. La proportion de cette dernière amide est d'environ 1 partie par 5 parties d'amide pivalique.

Quant au carbure aliphatique formé, il bout à 91°-92°, et son analyse a donné des nombres correspondant à un corps répondant à la formule C^7H^{16}. Ce ne peut être que le triéthylméthane $(C^2H^5)^3CH$, bien que dans la littérature on assigne à ce carbure le point d'ébullition 95°-98°.

La scission de la triéthylpinacoline se fait donc principalement suivant l'équation

$$(CH^3)^3.C.CO.C(C^2H^5)^3 \rightarrow (CH^3)^3-C.CONH^2+(C^2H^5)^3-CH.$$

En résumé ces recherches montrent:

1° Que les cétones aliphatiques des formes

$$R.CH^2.CO.CH^3,\quad R.CH^2.CO.CH^2R,\quad R^2.CH.CO.CH^2R,\quad R^2.CH.CO.CHR^2$$

peuvent échanger l'hydrogène des résidus hydrocarbonés, voisinant le groupement CO, avec des radicaux alcooliques quand on les traite par de l'amidure de sodium et des carbures halogènes. Les termes ultimes de l'alcoylation seront des hexaalcoylacétones de formule générale

2° Que, seules ces hexaalcoylacétones se dédoublent, au sein du carbure

aromatique, en un carbure aliphatique et en une amide de la série grasse, dans le cas d'une cétone symétrique, et en deux amides et en deux carbures quand il s'agit de cétones non symétriques. Dans ce dernier cas l'une des réactions de dédoublement est dominante.

3° Si cette scission, à laquelle se prêtent les hexaalcoylacétones, ne constitue pas un moyen pratique d'obtention des amides trialcoylacétiques, elle permet, dans certains cas, de préparer assez facilement des trialcoylméthanes, notamment quand on s'adresse à des trialcoylpinacolines, celles-ci fournissant dans les conditions de l'expérience, à côté de petites quantités de trimétylméthane, gazeux à la température ordinaire, de notables proportions de trialcoylméthanes de poids moléculaire plus élevé.

4° Que le meilleur mode de préparation des trialcoylacétamides et des acides trialcoylacétiques consiste à partir des trialcoylacétophénones, ainsi que nous l'avons montré dans une de nos précédentes Communications.

Nous continuons l'application de ces réactions dans notre laboratoire, ainsi que l'étude de certains dérivés se rattachant aux trialcoylacétophénones et homologues, et aux hexaalcoylacétones.

M. **Poincaré** fait hommage à l'Académie du Tome III de ses *Leçons de Mécanique céleste*. Ce Volume contient la Théorie des marées : après avoir établi les questions différentielles rigoureuses du problème, l'auteur montre comment la méthode de Fredholm permettrait de les intégrer; il expose ensuite les procédés pratiques de l'Analyse harmonique, et consacre quelques Chapitres à la synthèse générale des observations qui a été récemment tentée par M. Harris. A la fin du Volume on trouvera la Théorie des marées fluviales, celle des marées du noyau solide du globe et celle de l'influence des marées sur la rotation terrestre. Ces Leçons ont été professées à la Sorbonne en 1903 et en 1909; elles ont été recueillies par M. Fichot, ingénieur hydrographe de la Marine.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Bouquet de la Grye*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Lallemand obtient	52 suffrages
M. Angot	7 »

M. **Lallemand**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, qui devra occuper l'un des deux postes créés par le décret du 1er décembre 1909 :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 53,

M. Hittorf obtient	43 suffrages
Sir William Ramsay	7 »
M. van 't Hoff	1 suffrage
Sir William Huggins	1 »
M. Lorentz	1 »

M. **Hittorf**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre artiste, ayant rang de titulaire, vacant au *Bureau des Longitudes*, par le décès de M. *Gautier*.

(Renvoi à une Commission composée de MM. les Membres des Sections de Géométrie, Mécanique, Astronomie, Géographie et Navigation, Physique.)

M. **Richard Dedekind**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **P. Blaserna**, Président de l'Académie royale des Lincei, annonce à l'Académie que la prochaine réunion de l'Association internationale des Académies se tiendra à Rome du 9 au 15 mai.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces de la Correspondance :

1° Une brochure intitulée : *Quelques lettres inédites d'André-Marie Ampère*, par M. Ernest Jovy;

2° Plusieurs brochures relatives à diverses questions de Sciences naturelles, par M. Carlos-E. Porter, et plusieurs fascicules de la *Revista Chilena de Historia natural* (1908 et 1909), dirigée par le même auteur. (Présenté par M. Edmond Perrier);

3° La copie d'un manuscrit de Lebrun, frère du Consul et architrésorier de l'Empire, intitulé : *Réponse d'un cultivateur aux officiers municipaux de sa commune, qui lui avaient demandé un plan d'éducation*. (Présentée par M. Edmond Perrier, au nom de M. Lagorsse, époux de l'arrière-petite-fille de l'auteur).

ASTRONOMIE. — *Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Maurice Hamy.

I. On manquait jusqu'ici de données sur les éclats intrinsèques des divers types d'étoiles. En utilisant mes résultats relatifs aux températures effectives des étoiles, j'ai obtenu sur ce sujet quelques précisions nouvelles que je me propose de résumer dans cette Note.

Soient T_0 et T les températures effectives du Soleil et d'une étoile, E_0 et E les éclats intrinsèques qu'auraient respectivement ces deux astres s'ils étaient rigoureusement assimilables à des *corps noirs*, et que j'appellerai *éclats intrinsèques effectifs* (par analogie avec l'expression de *températures effectives*). Je poserai

$$\varepsilon_{\text{eff.}} = \frac{E}{E_0}.$$

Or comme je l'ai montré récemment, la loi expérimentale d'après laquelle l'éclat global d'un corps incandescent varie en général comme l'intensité de la longueur d'onde du maximum de luminosité ($0^{\mu},54$) est applicable au Soleil et aux étoiles (ce Volume, p. 448). On a donc, en appliquant la loi de Planck :

$$\varepsilon_{\text{eff.}} = \frac{e^{\frac{14600}{0,54 \times T_0}} - 1}{e^{\frac{14600}{0,54 \times T}} - 1}.$$

J'ai calculé à titre d'exemple et indiqué dans le Tableau ci-dessous les valeurs de $\varepsilon_{\text{eff.}}$ pour quelques-unes des étoiles dont j'ai mesuré les températures effectives. Ces valeurs donnent évidemment une première idée de l'ordre de grandeur des éclats intrinsèques de ces étoiles. Mais, en réalité, celles-ci, pas plus que le Soleil, comme je l'ai montré récemment (*loc. cit.*), ne sont rigoureusement assimilables à des *corps noirs* à cause des atmosphères absorbantes entourant leurs photosphères.

De combien les valeurs calculées de $\varepsilon_{\text{eff.}}$ peuvent-elles différer des valeurs des éclats intrinsèques vrais des étoiles considérées? C'est ce que j'examinerai maintenant.

II. Considérons d'abord celles des étoiles du Tableau suivant pour lesquelles j'ai trouvé des températures effectives plus petites, c'est-à-dire des valeurs de $\log \frac{R}{B}$ plus grandes que pour le Soleil, la valeur correspondante trouvée pour celui-ci étant $\log \frac{R_0}{B_0}$. Ces étoiles appartiennent à des types spectraux compris entre les types G et M de Harvard. Or les photosphères de tous ces types intermédiaires sont certainement moins chaudes que celle du Soleil (type G); cela résulte nettement des faits suivants sur lesquels tous les auteurs sont d'accord : à mesure qu'on passe du type solaire aux types K et M, les raies frauenhoférienne sont de plus en plus intenses et nombreuses, les bandes caractéristiques des composés apparaissent avec une netteté croissante, les raies de basse température des éléments sont de plus en plus nombreuses et intenses, au contraire des raies de hautes températures (et notamment des *enhanced lines*) qui disparaissent progressivement. D'autre part, et par conséquent, le fait que $\log \frac{R}{B} > \log \frac{R_0}{B_0}$ tient aux trois causes suivantes :

a. L'intensité et le nombre des raies frauenhoférienne (dont la fréquence moyenne croît comme on sait vers les petites longueurs d'onde) sont plus considérables dans ces étoiles que dans le Soleil ;

b. La température de leur photosphère est plus basse ;

c. L'atmosphère entourant cette photosphère exerce une absorption générale de la lumière. (Il s'agit de cette absorption continue, due, comme lord Rayleigh l'a établi, à la diffraction de la lumière sur les particules et les molécules atmosphériques, et qui croît vers les courtes longueurs d'onde.)

Or nous avons vu que cette atmosphère, dans le cas du Soleil, a pour effet de diminuer la valeur absolue de $\log \frac{R}{B}$ qui correspondrait à la photosphère de 0,093 (ce Volume, *loc. cit.*).

Cela étant, soit un nombre n défini par la relation

$$-\left(\log\frac{R_0}{B_0}-\log\frac{R}{B}\right)=(n-1)\times 0{,}093.$$

Il est clair, d'après ce qui précède, que l'absorption générale de l'étoile considérée est au plus équivalente à celle d'un nombre d'atmosphères solaires égal à n.

On peut donc calculer de cette manière une limite supérieure de la valeur de l'absorption générale des atmosphères des étoiles dont les spectres sont compris entre les types G *et* M *de Harvard.* La limite inférieure de cette valeur est évidemment zéro.

Les valeurs de n calculées pour trois étoiles de ces types sont indiquées dans le Tableau ci-dessous. Or j'ai montré (*loc. cit.*) que l'effet de l'atmosphère solaire sur la valeur mesurée de $\log\frac{R_0}{B_0}$ (qui correspond pour lui à une température de 5320°) est tel, que l'*éclat intrinsèque effectif* du Soleil est plus petit que son *éclat intrinsèque vrai* (qui correspond à celui d'un corps noir de 5870°). Il s'ensuit qu'en posant successivement pour les étoiles considérées $n = 0$ et $n =$ sa valeur définie par la relation ci-dessus, et en suivant une marche analogue à celle que j'ai indiquée récemment pour le Soleil, *nous pouvons calculer pour les étoiles considérées une limite supérieure* ε_M, *et une limite inférieure* ε_m *approchées de leur éclat intrinsèque vrai en fonction de celui du Soleil* (que j'ai, je le rappelle, trouvé égal à 31 900 bougies décimales par centimètre carré).

Quant aux étoiles pour lesquelles j'ai trouvé une température effective supérieure à celle du Soleil, si nous pouvons calculer une limite inférieure de leur éclat intrinsèque vrai en posant $n = 0$, en revanche, nous n'avons pas le moyen d'évaluer une limite supérieure de cette quantité, puisqu'on ne peut connaître dans ce cas la valeur maxima de n.

Les résultats de cette étude relatifs à 6 étoiles sont résumés dans le Tableau suivant :

Étoile.	$\log\frac{R}{B}$.	Température effective absolue.	Type spectral. Harvard.	Type spectral. Lockyer.	n.	ε_m.	ε_{eff}.	ε_M.
		°						
ρ Persée...	—0,230	2870	Mb	Ant.	5,95	0,008	0,013	0,127
α Taureau.	—0,406	3500	K5M	Ald.	4,06	0,044	0,071	0,279
ζ Céphée..	—0,552	4260	K	»	2,48	0,174	0,281	0,541
Soleil.....	—0,690	5320	G	Arct.	1	»	1,000	»
γ Cygne...	—0,710	5620	F8Gpec.	Pol.	»	0,81	1,32	»
Polaire....	—0,844	8200	F8G	Pol.	»	3,78	6,11	»
α Lyre....	—0,946	12200	A	Sir.	»	12,08	19,55	»

On saisira aisément la signification de ce Tableau. Pour ne parler que des deux étoiles de première grandeur qu'il renferme, on voit qu'*Aldébaran a une atmosphère au plus équivalente, au point de vue de son absorption générale, à quatre atmosphères solaires, et que Véga émet par unité de surface au moins 12 fois plus de lumière que le Soleil et au moins 43 fois plus qu'Aldébaran.* Deux étoiles de même volume et de même parallaxe, semblables respectivement à *Aldébaran* et à *Véga*, différeront donc par leur éclat de plus de quatre grandeurs stellaires.

Il sera nécessaire dorénavant de tenir compte de ces faits dans les recherches relatives à la statistique stellaire et à la répartition des étoiles en fonction de leurs grandeurs et de leurs types spectraux; on était jusqu'ici, dans ce genre de recherches, réduit à supposer égaux les éclats intrinsèques du Soleil et des autres étoiles.

ASTRONOMIE. — *Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris.* Note de MM. **Jules Baillaud**, **J. Chatelu**, **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Les traces de cette petite planète ont été aperçues par M. Jules Baillaud sur un cliché de la Carte internationale du Ciel pris le 3 mars 1910. Photographiée ensuite sur deux autres clichés, elle a été observée visuellement à l'équatorial de la Tour de l'Est par MM. J. Chatelu et Giacobini. La planète de la liste du *Berliner Jahrbuch* qui s'en rapproche le plus paraît être (283) Emma. Cependant sa position calculée pour le 7 mars, d'après des éléments osculateurs en 1901, serait en écart avec l'observation de $+21^{m}$ en $\mathcal{R}$ et de $-28'$ en $\mathcal{D}$.

Les positions photographiques de la planète sont le résultat d'une réduction sommaire et provisoire des clichés; elles sont rapportées à l'équinoxe moyen de 1900,0.

Sa grandeur visuelle peut être estimée plus faible que 13,5; elle est presque à la limite de visibilité dans l'équatorial de la Tour de l'Est de 38^{cm} d'ouverture. Photographiquement, comparée aux mêmes étoiles, elle paraît de près d'une grandeur plus forte. Il est à remarquer que parmi les sept planètes trouvées à Paris dans les mêmes conditions, toutes particulièrement brillantes photographiquement, celles qui ont pu être iden-

tifiées ont donné sur les photographies des traînées plus intenses que ne l'auraient laissé supposer leurs grandeurs à l'opposition.

Observations à l'équatorial photographique.

1910.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Déclinaison.
	h m s	h m s	° ′ ″
Mars 3.....	10.18.49	8.42.33,9	+17. 8.46
» 5.....	10.51.50	8.41.20,5	+17.17.10
» 7.....	10.25. 2	8.40.14,6	+17.29.56

Observations à l'équatorial de la Tour de l'Est.

Dates. 1910.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	ΔD.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 8....	12.57.0	+0.25,82	— 2.57,1	14: 5	8.40.14,48	+$\bar{1}$,498	+17.26.47,4	+0,716	1
» 10....	11.38.2	—2.26,38	— 2. 5,1	5: 2	8.39.17,78	+$\bar{1}$,350	+17.33.38,3	+0,686	2
» 11....	11.56.2	—3.25,30	+ 0.28,5	6: 5	8.38.51,03	+$\bar{1}$,401	+17.37. 4,4	+0,693	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison 1910,0.

★	Gr.	R moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	D moyenne 1910,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	9,0	8.39.47,95	+0,71	+17.29.43,7	+ 0,8	Anonyme rapp. à Berlin, A 3482
2.....	9,2	8.41.43,41	+0,75	+17.35.42,5	+ 0,9	Anonyme rapp. à Berlin, A 3522
3.....	8,9	8.42.15,57	+0,76	+17.36.35,0	+ 0,9	Berlin, A 3522

Les observations des 8 et 10 mars ont été faites par M. Giacobini; celle du 11 mars par M. J. Chatelu. La planète est estimée 13,8.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations fonctionnelles et l'approximation des fonctions continues.* Note de M. **Frédéric Riesz**, présentée par M. Émile Picard.

1. Appelons classe $[L^p]$ la totalité des fonctions $f(x)$, réelles ou non, définies sur l'intervalle (a, b), sommables et telles que $|f|^p$ est sommable. Nous supposons $p > 1$. Les classes $[L^p]$ et $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$ sont intimement liées; entre autres, le produit de deux fonctions quelconques dont l'une, $f(x)$, appartient à la classe $[L^p]$, l'autre, $g(x)$, à la classe $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$, est toujours sommable, et l'on a

$$(1) \qquad \left|\int_a^b f(x)\,g(x)\,dx\right| \leqq \left[\int_a^b |f(x)|^p\,dx\right]^{\frac{1}{p}} \left[\int_a^b |g(x)|^{\frac{p}{p-1}}\,dx\right]^{\frac{p-1}{p}}.$$

Envisageons le système d'équations

$$(2) \qquad \int_a^b f_k(x)\,\xi(x)\,dx = c_k \qquad (k = 1, 2, \ldots);$$

les fonctions données $f_k(x)$ appartenant à la classe $[L^p]$, nous assujettissons la fonction cherchée $\xi(x)$ à être de classe $\left[L^{\frac{p}{p-1}}\right]$. Si le système (2) admet une telle solution, et si pour cette solution on a

$$(3) \qquad \int_a^b |\xi(x)|^{\frac{p}{p-1}}\,dx \leqq M^{\frac{p}{p-1}},$$

on en conclut, en se servant de (1), que l'inégalité

$$(4) \qquad \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq M \left[\int_a^b \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|^p dx\right]^{\frac{1}{p}}$$

a lieu quels que soient n et les nombres, réels ou non, μ_k. Ainsi, *la validité de l'inégalité* (4) *est une condition nécessaire de ce que le système* (2) *admette une solution telle que* (3). Dans un Mémoire qui est sous presse, j'ai montré que *la même condition est aussi suffisante.*

Dans cette Note je vais traiter un cas limite.

2. Supposons les $f_k(x)$ *continues* et tentons d'élargir les conditions por-

tant sur la fonction cherchée. Les résultats concernant la représentation des opérations linéaires par des intégrales de Stieltjes que j'ai développées il y a quelque temps dans ces *Comptes rendus* (29 novembre 1909) nous suggèrent de substituer au système (2) le système

$$(5) \qquad \int_a^b f_k(x)\,d\alpha(x) = c_k \qquad (k = 1, 2, \ldots);$$

nous assujettissons la fonction cherchée $\alpha(x)$ à être *à variation bornée*. Maintenant l'*inégalité*

$$(6) \qquad \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq \mathrm{M} \times \max. \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|$$

exprime une condition nécessaire à ce que le système (5) *admette une solution* $\alpha(x)$ *dont la variation totale ne surpasse pas* M; *l'inégalité doit avoir lieu quels que soient le nombre entier* n *et les nombres réels ou non* M_k.

Nous allons voir que *cette condition est aussi suffisante*.

3. Envisageons d'abord le cas particulier d'un nombre fini n d'équations. Supposons la condition remplie. Remarquons qu'une fonction continue $f(x)$ appartient à toutes les classes $[\mathrm{L}^p]$ et que, $\frac{1}{p}$ tendant vers 0, les valeurs $\left[\int_a^b |f(x)|^p\,dx\right]^{\frac{1}{p}}$ tendent vers le maximum de $[f(x)]$ (¹). Ajoutons encore que si l'on pose $f(x) = \sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)$ et si l'on assujettit les μ_k à ne pas surpasser en valeur absolue une certaine borne finie, cette convergence est uniforme. Tout cela se démontre d'une façon assez élémentaire. On en conclut aisément que, quelque petite que soit la quantité positive ε, on a pour les valeurs de p suffisamment grandes

$$\left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k c_k\right| \leqq (\mathrm{M} + \varepsilon)\left[\int_a^b \left|\sum_{k=1}^{n} \mu_k f_k(x)\right|^{\frac{p}{p-1}} dx\right]^{\frac{p-1}{p}}.$$

Or nous l'avons vu plus haut, cette inégalité exprime précisément la con-

(¹) Il me faut remercier M. E. Fischer d'avoir attiré mon attention sur ce fait intéressant.

dition pour que le système

$$\int_a^b f_k(x)\,\xi(x)\,dx = c_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

admette une solution $\xi(x)$ telle que (3), M étant remplacé par $M + \varepsilon$. Posant $\alpha(x) = \int_a^x \xi(x)\,dx$, on a une fonction $\alpha(x)$ à variation totale $\leqq (b-a)^{\frac{1}{p}}(M + \varepsilon)$, solution du système (5).

Pour en déduire une solution, dont la variation totale ne surpasse pas M, faisons tendre ε vers o. On aura ainsi une suite de fonctions $\alpha_\varepsilon(x)$ à variation bornée, bornées dans leur ensemble, dont chacune satisfait au système (5); et quelque petite que soit la quantité positive δ, on est sûr que pour ε, suffisamment petite, la variation totale de $\alpha_\varepsilon(x)$ ne surpasse pas $M + \delta$. On en conclut l'existence d'une solution $\alpha(x)$ dont la variation totale ne surpasse pas M. Pour définir une telle fonction, il suffit d'envisager la suite des fonctions $A_\varepsilon(x) = \int_a^x \alpha_\varepsilon(x)\,dx$, également continues et bornées dans leur ensemble; on en tire, à l'aide d'un artifice bien connu, une suite partielle $\left[A_i(x) = \int_a^x \alpha_i(x)\,dx\right]$ qui tend uniformément vers une fonction continue $A(x)$. On reconnaît aisément, en appliquant le critère donné dans ma Note déjà citée, que $A(x)$ est l'intégrale d'une fonction $\alpha(x)$ à variation bornée dont la variation totale ne surpasse pas M. Des considérations analogues à celles dont je me suis servi dans la Note citée, font aussi voir que l'intégrale de $f(x)\,d\alpha_i(x)$ tend pour $i = \infty$ vers celle de $f(x)\,d\alpha(x)$, quelle que soit la fonction continue $f(x)$. On en conclut, en particulier, que $\alpha(x)$ satisfait au système (5).

4. Quand le système (5) se compose d'une infinité dénombrable d'équations, on applique le résultat que nous venons d'établir, aux systèmes partiels finis de (5). D'après ce résultat, la condition (6) étant supposée remplie, il existe pour chaque n une solution $\alpha^{(n)}(x)$ des n premières équations, dont la variation totale ne surpasse pas M. Par le même procédé que nous venons d'employer pour les fonctions $\alpha_\varepsilon(x)$, la suite $[\alpha^{(n)}(x)]$ conduira *à une fonction* $\alpha^*(x)$, *satisfaisant au système complet* (5) *et dont la variation totale ne surpasse pas* M.

On sait aussi bien que *le cas d'une infinité dénombrable d'équations représente le cas général.* Cela revient au fait que chaque ensemble non dénombrable de fonctions continues contient un sous-ensemble dénombrable tel que chaque fonction de l'ensemble primaire en est fonction limite.

5. En particulier notre résultat contient le théorème portant sur la représentation des opérations linéaires par des intégrales de Stieltjes. En voici un autre corollaire qui décidera définitivement une question classique remontant à Weierstrass, posée et traitée avec bien du succès par M. E. Schmidt (*Dissertation*, Göttingen, 1905) : *Étant donné un ensemble de fonctions continues $\varphi(x)$, pour que la fonction continue $f(x)$ puisse être approchée uniformément et indéfiniment par les $\varphi(x)$ ou par leurs combinaisons linéaires, il faut et il suffit que toujours quand une fonction $\alpha(x)$ à variation bornée $\alpha(x)$ satisfait à toutes les équations*

$$\int_a^b \varphi(x)\, d\alpha(x) = 0, \tag{7}$$

on ait aussi

$$\int_a^b f(x)\, d\alpha(x) = 0.$$

En particulier *pour que l'on puisse approcher toute fonction continue, il faut et il suffit que toute fonction à variation bornée qui satisfait au système* (7) *soit constante sauf peut-être pour un ensemble dénombrable de valeurs x différentes de a et b.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces algébriques représentables sur celle de Kummer.* Note de M. **L. Remy**, présentée par M. G. Humbert.

Toute surface algébrique représentable sur celle de Kummer est définie paramétriquement par des équations de la forme

$$x_\alpha = \Theta_\alpha(u, v) \qquad (\alpha = 1, 2, 3, 4),$$

où $\Theta_1, \ldots, \Theta_4$ désignent quatre fonctions thêta, d'ordre n, de même parité, supposées sans facteur commun et admettant les demi-périodes pour zéros communs aux ordres respectifs de multiplicité $p_1, p_2, \ldots, p_{16}$. A cette représentation paramétrique est associé un système de nombres entiers

$$[n\,;\, p_1, \ldots, p_{16}],$$

lesquels sont liés au degré d de la surface par la relation

$$2n^2 - \sum_i p_i^2 = 2d \qquad (i = 1, 2, \ldots, 16). \tag{1}$$

A une même surface répondent d'ailleurs une infinité de systèmes d'entiers $[n, p_i]$ qui se rattachent aux transformations birationnelles n'altérant pas la surface de Kummer : il convient tout d'abord de caractériser ces systèmes équivalents.

Une telle transformation birationnelle fait correspondre à la famille linéaire de courbes définie par l'équation $\theta(u, v) = 0$ une autre famille d'équations $\theta'(u, v) = 0$: les entiers $[n, p_i]$ et $[n', p'_i]$ associés respectivement aux fonctions $\theta(u, v)$ et $\theta'(u, v)$ sont liés par une substitution linéaire à coefficients entiers

$$(\mathrm{T}) \qquad \begin{cases} n' = a_0^0\, n - a_0^1\, p_1 - \ldots - a_0^{16}\, p_{16} \\ p'_k = a_k^0\, n - a_k^1\, p_1 - \ldots - a_k^{16}\, p_{16} \end{cases} \qquad (k = 1, 2, \ldots, 16).$$

Cette substitution laisse invariante l'expression $2n^2 - \sum_i p_i^2$ qui représente le degré du système linéaire de courbes caractérisé par les entiers

$$[n, p_i];$$

elle jouit en outre de la propriété de donner des valeurs $n', p'_i, \ldots, p'_{16}$ *positives* pour tout système d'entiers $n, p_1, \ldots, p_{16}$ attaché à une courbe irréductible d'équation $\theta(u, v) = 0$.

Inversement, étant donnée une substitution linéaire T jouissant de ces propriétés, on peut démontrer que la surface dont les coordonnées d'un point sont proportionnelles à quatre fonctions thêta de u, v caractérisées par les entiers $2a_0^0$; $2a_1^0, \ldots, 2a_{16}^0$, est du quatrième ordre et possède seize points doubles, et l'on déduit de là que les différents systèmes d'entiers $[n', p'_i]$ homologues d'un même système par les substitutions T ne définissent pas des surfaces distinctes.

Ceci posé, un système $[n, p_i]$ sera dit *réductible* par une substitution T si le système homologue $[n', p'_i]$ est tel que $n' < n$: d'après ce qui précède, on peut se borner, dans la recherche des surfaces représentables sur celle de Kummer, à envisager les systèmes *irréductibles*.

Parmi les substitutions T, nous en considérons trois particulières : la substitution T'

$$\begin{aligned} n' &= 3n - 2p_1 \\ p'_1 &= 4n - 3p_1 \\ p'_j &= p_j \qquad\qquad (j = 2, 3, \ldots, 16), \end{aligned}$$

qui se rattache à la transformation birationnelle associant les couples de

points en ligne droite avec un nœud de la surface ; puis la substitution T^3

$$\begin{aligned}
n' &= 3n - p_1 - p_2 - p_3 - p_4, \\
p'_1 &= 2n \qquad - p_2 - p_3 - p_4, \\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\
p'_4 &= 2n - p_1 - p_2 - p_3, \\
p'_j &= p_j \qquad\qquad\qquad\qquad (j = 5, 6, \dots, 16),
\end{aligned}$$

qui correspond à la transformation

$$x' = \frac{1}{x}, \qquad y' = \frac{1}{y}, \qquad z' = \frac{1}{z}, \qquad t' = \frac{1}{t},$$

appliquée au tétraèdre formé par quatre nœuds de la surface; enfin la substitution T^{16}

$$\begin{aligned}
n' &= 3n - \frac{1}{2}(p_1 + \dots + p_{16}), \\
n'_i &= \quad n - \frac{1}{2}\sum p_{\alpha_i} \qquad (i = 1, 2, \dots, 16),
\end{aligned}$$

où la sommation Σp_{α_i} s'étend aux six demi-périodes annulant une même fonction du premier ordre $\mathfrak{F}_i(u, v)$, substitution qui se rattache à la transformation corrélative de la surface de Kummer.

Pour qu'un système d'entiers $[n, p_i]$ soit irréductible par rapport aux substitutions T^1, T^4 et T^{16}, il faut et il suffit que le point de coordonnées $p_1, p_2, \dots, p_{16}$, dans l'espace à seize dimensions, soit intérieur au polyèdre défini par les inégalités

$$\begin{aligned}
&p_1 \geqq p_2, \dots, \geqq p_{16} \geqq 0, \\
&n \geqq p_1, \\
&2n \geqq p_1 + \dots + p_4, \\
&4n \geqq p_1 + \dots + p_{16}.
\end{aligned}$$

Or on reconnaît que ce polyèdre est tout entier *intérieur* à la sphère $2n^2 - \sum_i p_i^2 = 0$, abstraction faite de trois sommets situés sur cette sphère ; de plus, les points *à coordonnées entières* intérieurs au polyèdre satisfont à une inégalité de la forme

$$2n^2 - \sum_i p_i^2 > An + B,$$

A étant une constante numérique positive.

Si l'on rapproche cette inégalité de la relation (1), on est conduit au théorème suivant :

Les surfaces algébriques de degré donné d, représentables sur la surface de Kummer, sont en nombre limité : elles peuvent se déduire de cette surface par des transformations birationnelles exprimées par des polynomes de degré inférieur à Kd, K *désignant une constante numérique.*

En particulier, les surfaces du quatrième ordre représentables sur celle de Kummer peuvent s'en déduire par des transformations birationnelles exprimées par des polynomes du *sixième* ordre au plus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation des télégraphistes.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. H. Poincaré.

Envisageons pour une ligne télégraphique indéfinie, comme nous l'avons fait dans une Note antérieure [1] pour un câble indéfini, un Tableau de distributions d'électricité, correspondant à l'état neutre avant $t = 0$ et à une perturbation créée en $x = 0$, en $t = 0$: rupture permanente soit de courant, soit de potentiel; ébranlement élémentaire soit de courant, soit de potentiel, ce qui donnera les distributions 1, 2, 3, 4. Q, V, C, D satisferont à l'équation des télégraphistes

$$(\mathrm{T}) \qquad \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{2}{\tau}\frac{\partial}{\partial t} - v^2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\right) = 0.$$

A un facteur numérique près positif, D se déduira de C, comme V de Q par l'opération $\frac{\partial}{\partial x}$ et D de V comme C de Q par l'opération $\frac{\partial}{\partial t}$; dans le Tableau, il y aura identité des fonctions sur la ligne oblique correspondant à la rupture et sur les lignes parallèles de deux en deux (fonctions impaires de x); sur les lignes parallèles intermédiaires, l'identité n'aura plus lieu que de deux en deux (fonctions paires de x): toutes ces fonctions seront nulles pour $t^2 < \frac{x^2}{v^2}$ et successivement paires ou impaires; on pourra s'en tenir aux x positifs et se contenter d'écrire les expressions analytiques pour $t > \frac{x}{v}$.

---

[1] *Comptes rendus*, 22 mars 1909.

En particulier Q_1 ou C_2 sont proportionnels pour $t > \frac{x}{v}$ à

$$e^{-\frac{t}{\tau}} J_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right], \qquad i = \sqrt{-1},$$

expression bien connue, établie de manières diverses; nous ne retiendrons ici qu'une forme de la solution, donnée pour Q_1 par M. Poincaré [1]. Q_1 est proportionnel à

$$(1) \qquad \frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{q},$$

$e^{int-iqx}$ est une solution isochrone de (T), c'est-à-dire

$$v^2q^2 = n[n + 2(i\tau)^{-1}] \qquad \text{et pour} \qquad x > 0 \quad \mathcal{R}\left(\frac{n}{q}\right) > 0;$$

la coupure $\left(0, 2\frac{i}{\tau}\right)$ a été pratiquée suivant l'axe imaginaire des n; pour n très grand, on a sensiblement $vq = n$; pour $t < \frac{x}{v}$ l'intégrale prise sur le demi-cercle infini du demi-plan inférieur des n est nulle, donc (1) est nulle, le contour fermé complet ne renfermant pas de points singuliers; pour $t > \frac{x}{v}$ l'intégrale prise sur le demi-cercle infini du demi-plan supérieur est nulle, donc (1) est égale à l'intégrale prise dans le sens direct sur un contour fermé entourant la coupure; le calcul effectif se fait par un changement de variable et conduit au résultat donné ci-dessus.

Le courant de déplacement dans 2, de conduction dans 3, le potentiel dans 4 sont proportionnels à (2)

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\,dn,$$

nuls pour $t < \frac{x}{v}$ et proportionnels à

$$-e^{-\frac{t}{\tau}}\frac{\partial}{\partial x} J_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right] \qquad \text{pour} \qquad t > \frac{x}{v}.$$

De l'expression (2) nous remontons à la solution de (T) correspondante à une rupture $(+1, -1)$ en $x = (+0, -0)$, à partir de $t = 0$, solution de (T) qui aura (2) pour dérivée par rapport à t.

---

[1] H. Poincaré, *Propagation du courant en période variable sur une ligne munie d'un récepteur* (Conférences faites à l'École supérieure de Télégraphie).

Cette solution est

$$(3)\qquad \frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{n},$$

intégrale nulle, comme (1) et (2), pour $t<\frac{x}{v}$, en particulier nulle pour $t=0$ quel que soit $x>0$, égale quel que soit t, pour $x=+0$, au résidu pour $n=0$ de $\frac{e^{int}}{n}$, c'est-à-dire à $+1$, finie et déterminée pour $t>\frac{x}{v}$.

Le calcul effectif de (3) pour $t>\frac{x}{v}$ est immédiat à l'aide d'une transformation de M. H. Poincaré; il suffit de poser

$$[n+(i\tau)^{-1}]t-qx=\lambda\sqrt{\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}=\lambda u,$$

$$vqt-[n+(i\tau)^{-1}]\frac{x}{v}=\mu u,$$

$$\xi=\lambda+\mu,\qquad \xi^{-1}=\lambda-\mu;$$

d'où

$$\frac{dn}{n}=\frac{vq}{n}\frac{d\xi}{\xi}=\left(-\frac{1}{\xi}+\frac{2}{\xi+\zeta}\right)d\xi,\qquad \zeta=\sqrt{\frac{t-\frac{x}{v}}{t+\frac{x}{v}}};$$

$$\frac{1}{2i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{int-iqx}\frac{dn}{n}=\frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{2i\pi}\int e^{i\frac{u}{2\tau}\left(\xi+\frac{1}{\xi}\right)}\left(\frac{1}{\xi}+2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{\zeta^n}{\xi^{n+1}}\right)d\xi,$$

la seconde intégrale étant à prendre, dans le sens direct, sur un cercle de rayon très grand du plan des ξ.

L'intégrale (3) nulle pour $t<\frac{x}{v}$ est donc égale pour $t>\frac{x}{v}$, d'après la définition même des fonctions de Bessel, à

$$(4)\qquad e^{-\frac{t}{\tau}}J_0\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2-\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right]+2\sum_{n=1}^{\infty}i^{-n}\left(\frac{t-\frac{x}{v}}{t+\frac{x}{v}}\right)^{\frac{n}{2}}J_n\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2-\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right],$$

expression très propre au calcul numérique, par les séries convergentes pour les petites valeurs de l'argument des J, par les expressions asymptotiques pour les grandes valeurs de l'argument.

Pour $x=+0$, (4) doit se réduire à $+1$, c'est-à-dire

$$e^t=J_0(it)+2\sum_{n=1}^{\infty}i^{-n}J_n(it),$$

formule remarquable qui se démontrera directement en ordonnant le second membre par rapport aux puissances croissantes de t, ou simplement en faisant $\xi = i^{-1}$ dans l'identité de définition des fonctions $J_n(it)$

$$e^{\frac{t}{2}\left(\xi - \frac{1}{\xi}\right)} = J_0(it) + \sum_{n=1}^{\infty} [\xi^n + (-\xi)^{-n}] J_n(it).$$

PHOTOGRAPHIE. — *Obtention simultanée du relief stéréoscopique et de l'aspect changeant dans l'image photographique.* Note de M. **E. Estanave**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une précédente Communication [1], j'ai signalé qu'une plaque photographique munie, sur la face qui ne porte pas l'émulsion, d'un réseau ligné à lignes horizontales peut servir à enregistrer deux et même trois images visibles chacune exclusivement. En sorte que l'image de la plaque change d'aspect suivant le point de vision de l'observateur. J'avais déjà fait connaître [2] que, lorsque les lignes du réseau sont verticales, on peut enregistrer deux images stéréoscopiquement conjuguées, qui donnent la sensation du relief à vision directe.

La présente Note a pour but de signaler comment on peut obtenir à la fois sur une même plaque photographique des images à aspect changeant, mais présentant en même temps le relief stéréoscopique.

On sait que pour obtenir la sensation de relief, on observe à travers un réseau ligné verticalement une image composite formée d'éléments filiformes verticaux, appartenant alternativement à l'une ou à l'autre des images du couple stéréoscopique. Or, si l'on observe cette image composite à travers un réseau de même caractère, quadrillé à lignes verticales et horizontales, la sensation du relief persiste.

De même, pour obtenir des images à aspect changeant, on observe à travers un réseau ligné horizontalement une image composite formée d'éléments filiformes horizontaux, appartenant alternativement, s'il s'agit de deux aspects, à l'une ou à l'autre des images. Or, si l'on observe cette image

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXL, p. 93.
(2) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 225.

composite à travers un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales de même caractère, l'aspect changeant a lieu lorsque le point de vision change. C'est dire que les lignes horizontales du réseau ne troublent pas la sensation de relief et les lignes verticales n'empêchent pas l'aspect changeant.

Par suite, un réseau quadrillé peut être considéré comme ligné horizontalement et servir à l'obtention d'images à aspect changeant et aussi comme simplement ligné verticalement et servir à l'obtention d'images donnant la sensation du relief à vision directe.

J'en ai déduit qu'on pouvait, à l'aide d'un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales, obtenir à la fois le relief stéréoscopique et l'aspect changeant. Les images enregistrées ne sont plus ici composées d'éléments filiformes, mais d'éléments punctiformes analogues aux pointillés de la gravure à pointe sèche.

Pour en obtenir la réalisation, j'ai disposé un réseau quadrillé à lignes horizontales et verticales au-devant d'une plaque photographique qui reçoit la lumière à travers un objectif percé de quatre ouvertures O_1, O_2, O'_1, O'_2 placées aux quatre sommets d'un carré dont deux côtés O_1O_2 et $O'_1O'_2$ sont horizontaux. En faisant travailler les ouvertures O_1, O_2 tout d'abord pendant que les ouvertures O'_1, O'_2 sont obturées, on enregistre sur la plaque une image composite incomplète formée de points, de l'objet A placé à ce moment devant l'objectif. Cette image composite est formée de deux images stéréoscopiquement conjuguées de l'objet A, et serviront à l'observation de l'objet A avec son relief à simple vision directe.

Si maintenant on obture O_1, O_2 en laissant travailler les ouvertures O'_1, O'_2 et en ayant soin de remplacer le sujet A par un autre sujet B, on obtiendra de même deux images stéréoscopiques punctiformes qui donneront à vision directe le relief de l'objet B.

En résumé, nous aurons ainsi enregistré quatre images formées chacune d'éléments punctiformes. La plaque développée et inversée du noir au blanc présentera l'aspect d'un damier dont les cases horizontales sont relatives alternativement aux images de A et de B, et dont les cases suivant les colonnes sont relatives alternativement à l'image de l'œil droit ou de l'œil gauche dans la vision stéréoscopique. Le nombre de ces cases, et par suite d'éléments punctiformes, constituant chacune des quatres images enregistrées, est considérable, ce qui assure en quelque sorte la sensation de continuité dans la vision de ces images pourtant incomplètes. Par exemple, dans le cliché 9×12 présenté à l'appui de ma démonstration, j'ai utilisé un réseau quadrillé ayant 40 traits au centimètre, ce qui porte à 172800 le nombre des cases du réseau. C'est le nombre d'éléments punctiformes qui

constituent chacune des quatre images. La plaque entière en contient 691200.

Si au-devant de cette plaque développée et inversée du noir au blanc on dispose le réseau quadrillé dans la position relative par rapport à la plaque qu'il occupait dans le tirage, on pourra observer par transparence soit les deux images stéréoscopiques provenant de l'objet A, soit celles provenant de l'objet B, suivant le point de vision de l'observateur. En sorte qu'on obtiendra deux images d'aspect différent, chacune présentant le relief stéréoscopique. La théorie du mécanisme de la séparation des images a été faite séparément pour la vision stéréoscopique et pour les images à aspect changeant [1]. Il suffit de synthétiser ce qui se passe dans le cas du réseau ligné verticalement et ensuite du réseau ligné horizontalement.

La plaque *autostéréoscopique*, suivant le sens de ses lignes, donne le relief stéréoscopique ou l'aspect changeant. Si elle porte à sa surface non plus un réseau ligné, mais quadrillé oupointillé, elle pourra donner à la fois le relief et l'aspect changeant.

On a vu que par l'emploi des réseaux lignés on a pu enregistrer trois images; grâce aux réseaux quadrillés nous en avons enregistré quatre et l'on pourrait aller jusqu'à six. Mais ces images sont stéréoscopiquement conjuguées deux à deux.

On peut varier l'expérience et obtenir trois images correspondant à trois aspects différents dont un *seul* présentera en même temps le relief stéréoscopique. Il suffit pour cela de disposer les diagonales qui joignent les quatre ouvertures de l'objectif, l'une dans le sens vertical, l'autre étant horizontale. En découvrant *successivement* les ouvertures placées sur la même verticale, on obtiendra deux aspects différents de deux sujets A et B placés à ce moment devant l'objectif, et en découvrant *simultanément* les deux ouvertures situées sur la diagonale horizontale, on enregistrera deux images stéréoscopiquement conjuguées d'un troisième sujet C placé alors devant l'objectif.

L'emploi des réseaux quadrillés, en généralisant de beaucoup les résultats obtenus déjà avec des réseaux lignés, permettra d'obtenir d'une manière plus aisée la projection stéréoscopique à vision directe. On peut en effet remplacer, dans l'écran stéréoscope que j'ai fait connaître, les réseaux lignés par des réseaux quadrillés, de beaucoup plus faciles à obtenir.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 391.

MAGNÉTISME. — *L'intensité d'aimantation à saturation aux très basses températures.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **Kamerlingh Onnes**, présentée par M. J. Violle.

Depuis que l'on possède une théorie cinétique du ferromagnétisme, la mesure de l'intensité d'aimantation à saturation dans le voisinage du zéro absolu a pris un intérêt tout particulier. A cette température, en effet, l'obstacle que l'agitation thermique oppose à l'alignement complet des aimants élémentaires a disparu et l'on mesure directement la somme de leurs moments magnétiques contenus dans un centimètre cube.

Nous avons comparé les intensités d'aimantation à saturation à la température ordinaire et à celle de l'hydrogène liquide sous la pression atmosphérique (20° absolus) par la méthode du couple maximum exercé par un champ magnétique très intense sur un ellipsoïde de la même substance à étudier. Le champ a atteint 20000 gauss. Dans ce champ, l'intensité d'aimantation ne diffère que de quelques dix-millièmes de l'intensité à saturation. On a trouvé ainsi pour l'augmentation relative de l'aimantation à basse température :

Nickel (17°,3)	1,0546
Fer (20°)	1,0210
Magnétite (15°,5)	1,0569

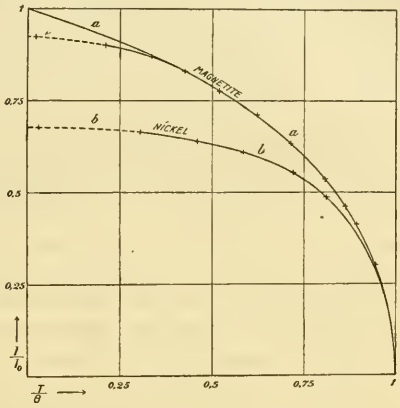
Le nombre entre parenthèses précise la température ordinaire.

Pour le cobalt, l'expérience n'a pas été possible par suite de l'intervention de couples perturbateurs ayant probablement leur origine dans les phénomènes magnéto-cristallins. Par analogie avec le fer et le nickel, on peut estimer que pour ce métal l'accroissement est de 1 pour 100 environ. Les saturations spécifiques σ rapportées à l'unité de masse des trois métaux ferromagnétiques ayant été déterminées avec précision [1] à la température ordinaire, on en déduit, au moyen des rapports ci-dessus, les saturations spécifiques σ_0 à très basse température, et par multiplication avec le poids atomique a, le moment de l'atome-gramme :

	σ.	σ_0.	a.	$a\sigma_0$.
Nickel	54,6	57,6	58,7	3 382
Cobalt	162	163,6	59	9 650
Fer	217	221,6	56	12 410

[1] P. Weiss, *Journ. de Phys.*, 4e série, t. IX, mars 1910.

Il n'y a pas de rapports simples entre les moments des atomes des trois métaux ferromagnétiques.



Dans la figure, la courbe *a* représente la variation théorique de l'aimantation spécifique en fonction de la température. On a marqué dans le voisinage les résultats de l'expérience pour la magnétite. La courbe *b* représente les mesures sur le nickel à une échelle telle que la concordance soit bonne dans le voisinage de la température θ de perte du ferromagnétisme. Les parties pointillées des courbes sont nouvelles.

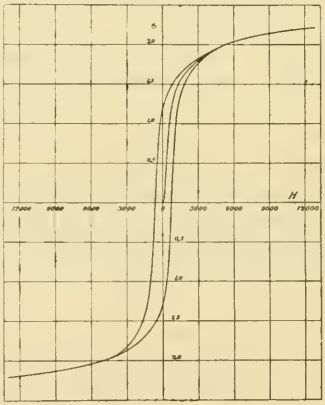
Tandis que pour la magnétite les courbes expérimentale et théorique ne divergent qu'à basse température, pour le nickel l'écart se manifeste progressivement dans toute l'étendue de la courbe.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques du manganèse, du vanadium et du chrome.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **Kamerlingh Onnes**, présentée par M. J. Violle.

On s'est souvent demandé s'il y a une différence irréductible de propriétés entre les métaux ferromagnétiques et paramagnétiques de la famille du fer ou s'il suffirait d'abaisser suffisamment la température de ces derniers pour faire apparaître le ferromagnétisme. En amenant le manganèse, le vanadium

et le chrome à la température de congélation de l'hydrogène (14° absolus), nous nous attendions donc à constater soit l'apparition de phénomènes ferromagnétiques (non-proportionnalité de l'aimantation au champ, saturation, hystérèse), soit un paramagnétisme considérablement augmenté conformément à la loi de Curie. A la température de congélation de l'hydrogène, la susceptibilité devait être, en effet, d'après cette loi, environ 20 fois plus forte qu'à la température ordinaire. Or ni l'une ni l'autre alternative ne s'est produite. Les phénomènes magnétiques sont restés très faibles. Par contre, nous avons constaté à basse température un accroissement énorme des propriétés magnétiques d'un petit cristal de sulfate de fer.

Le ferromagnétisme n'a donc pas apparu, et il était nécessaire de choisir pour ces métaux entre deux hypothèses : paramagnétisme d'un type nouveau, n'obéissant pas à la loi de Curie, ou diamagnétisme. Un travail de Du Bois et Honda [1], publié depuis, dans lequel ces trois métaux figurent parmi ceux qui ont un paramagnétisme constant ou croissant avec la température, montre que c'est la première supposition qui est exacte.



Dans la deuxième hypothèse, suggérée par l'exemple du cuivre diamagnétique dont les sels sont paramagnétiques, le paramagnétisme apparent du manganèse pur proviendrait d'impuretés ou de ses oxydes. Nous avons préparé du manganèse pur en décomposant l'amalgame pur dans un courant

(1) *Acad. Amsterdam*, t. XVIII, II, 1910, p. 666.

d'hydrogène. Ce manganèse pulvérulent est *paramagnétique*. Fondu au four électrique à résistance dans une nacelle de magnésie et dans un courant d'hydrogène, il devient *ferromagnétique*. La courbe ci-contre, dans laquelle on a porté en abscisses les champs magnétiques et en ordonnées les aimantations spécifiques, est un cycle d'aimantation de cette singulière substance, cent fois moins magnétique que le fer et à champ coercitif dix fois supérieur à celui d'un acier à aimants permanents.

Le manganèse ferromagnétique a déjà été observé par Seckelson [1].

Les renseignements assez vagues qu'il donne sur son aimantation ne semblent pas incompatibles avec nos mesures.

PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier d'évaporation.* Note de M. P. Vaillant, présentée par M. J. Violle.

Quand un liquide s'évapore en atmosphère calme et illimitée, et que la surface libre est voisine des bords du vase d'évaporation, il s'établit assez rapidement un état de régime caractérisé par une vitesse d'évaporation (quantité évaporée par seconde) indépendante du temps.

Il n'en est plus de même lorsque la surface libre est à grande distance au-dessous du bord du vase : l'état de régime tarde alors à s'établir et, pendant une période assez longue, la vitesse d'évaporation diminue constamment.

Dans le cas limite d'un vase cylindrique indéfini, on peut, par application des équations de diffusion, montrer que la vitesse d'évaporation ne devient jamais constante et reste inversement proportionnelle à la racine carrée du temps.

Soit, à l'instant t, f la tension de la vapeur dans le tube à la distance x de la surface libre; soient, d'autre part, F la tension maxima de la vapeur (la température est supposée constante tout le long du tube) et k le coefficient de diffusion de la vapeur dans l'air.

On a, q étant le poids de liquide vaporisé au temps t, en milligrammes,

$$q = 1,293 \times \frac{0,0692}{2} \times \frac{273}{760} \times \mathrm{M} \times \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{T}} \int_0^\infty f\,dx = \mathrm{AM} \int_0^\infty f\,dx;$$

M poids moléculaire de la vapeur, S section du tube, T température absolue le long

[1] Seckelson, *Wied. Ann.*, t. LXVII, 1899, p. 37.

de ce tube. On tire de là

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \mathrm{AM}\int_0^\infty \frac{\partial f}{\partial t}\,dx = \mathrm{AM}\int_0^\infty k\,\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\,dx,$$

ou, en admettant que k est indépendant de f, ce qui est sensiblement exact,

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \mathrm{AM}\,k\left[\frac{\partial f}{\partial x}\right]_0^\infty.$$

Mais, d'après un calcul fait par Wiener pour la diffusion des liquides et qui s'applique au cas actuel, on a

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_0 - f_\infty}{2(\pi k t)^{\frac{1}{2}}}\,e^{-\frac{x^2}{4kt}} = \frac{\mathrm{F}}{2(\pi k t)^{\frac{1}{2}}}\,e^{-\frac{x^2}{4kt}},$$

d'où l'on conclut, tant que t reste fini,

$$(1)\qquad \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\mathrm{A}}{2\pi^{\frac{1}{2}}}\,k^{\frac{1}{2}}(\mathrm{MF})\,t^{-\frac{1}{2}}.$$

J'ai étudié l'évaporation d'un certain nombre de liquides dans des tubes cylindriques de laiton de 32^{cm} de haut et de 2^{cm} de rayon.

Ces tubes, librement ouverts à la partie supérieure, étaient fermés inférieurement par un bouchon creux en laiton contenant le liquide à expérimenter.

Les tubes étaient immergés sur toute leur longueur dans une masse de 30^{kg} d'huile qui y maintenait la température très sensiblement uniforme. Je mesurais les quantités de liquide évaporées dans les temps

$$t_1,\quad 2t_1,\quad 3t_1,\quad 4t_1,\quad 6t_1,\quad 9t_1,\quad 12t_1,$$

t_1 représentant ordinairement 300 secondes et, pour les liquides peu volatils, 600 et même 900 secondes.

Les résultats obtenus peuvent, aux erreurs d'expérience près ($\frac{1}{50}$ environ), s'interpréter par des formules de la forme

$$q = a(\mathrm{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^m$$

ou

$$\frac{\partial q}{\partial t} = ma(\mathrm{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^{m-1} = b(\mathrm{MF})\left(\frac{t}{300}\right)^{-n},$$

b ayant une valeur peu différente pour les différents liquides expérimentés et n étant un peu inférieur à $\frac{1}{2}$ et dépendant d'ailleurs de la nature du liquide.

Liquides.	Température.	$b \times 10^{-5}$.	n.
	°		
$(C^2H^5)^2O$	20,7	279	0,41
C^5H^{12} (iso)	17,0	298	0,43
C^2H^5Br	17,2	274	0,38
CS^2	18,0	282	0,44
»	22,0	281	0,41
$CHCl^3$	18,4	270	0,41
»	22,4	266	0,40
$(CH^3)^2=CO$	18,7	279	0,44
»	22,0	280	0,45
C^2H^5I	15,0	236	0,44
»	16,2	241	0,40
C^6H^{14} (normal)	22,8	293	0,49
C^6H^{12} (hexaméthylène)	18,7	251	0,40
C^6H^6	18,0	285	0,40
»	21,6	278	0,42
CH^3OH	21,0	288	0,45
CCl^4	22,4	247	0,39
C^7H^8	21,2	299	0,38
C^6H^5Cl	23,1	283	0,34

Le fait que n est inférieur à $\frac{1}{2}$ s'explique aisément par le peu de longueur des tubes $\left(\text{au bout de 5 minutes } f \text{ à l'orifice du tube est déjà supérieur à } \frac{F}{10}\right)$. On s'explique moins que n apparaisse d'autant plus petit que le liquide est moins volatil. Quoi qu'il en soit, on voit que, même avec des liquides aussi volatils que l'isopentane ou l'éther, au bout de 1 heure d'évaporation, la vitesse de formation de la vapeur diminue toujours suivant la même loi et qu'on est par conséquent encore très loin du régime permanent.

OPTIQUE. — *Sur un nouveau réflectomètre.* Note [1] de M. **Ch. Féry**, présentée par M. E. Bouty.

Les réfractomètres, basés sur la mesure de l'angle limite pour la détermination de l'indice de réfraction, et dits *réflectomètres*, utilisent tous des surfaces réfringentes planes.

L'emploi d'une surface sphérique, facile à employer pour les liquides, conduit au dispositif très simple qui fait l'objet de cette Note.

---

[1] Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

Dans un bloc de verre d'indice N, supérieur aux indices des liquides à mesurer, on a creusé une cavité hémisphérique de rayon de courbure R. Une demi-sphère polie, de même rayon de courbure et de même indice, peut remplir exactement cette cavité (*fig.* 1).

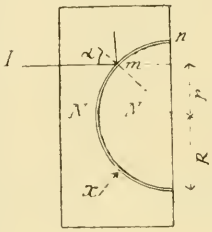


fig 1

Interposons entre les deux surfaces courbes une goutte du liquide à mesurer; la réflexion totale des rayons incidents parallèles, tels que I, se produira depuis le point *m* où l'angle de réflexion totale est atteint, jusqu'au bord *n* de la surface courbe.

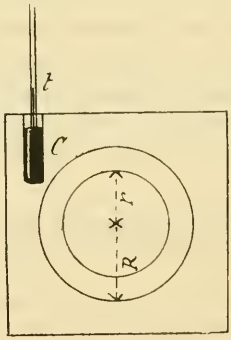


fig. 2

Si donc on vise le système avec une lunette, on apercevra une couronne complètement obscure limitée par deux cercles de rayons *r* et R (*fig.* 2), ce dernier étant

aussi le rayon de la demi-sphère; le reste du bloc se comporte comme une lame à faces parallèles.

Or

$$r = R \sin \alpha \quad (\textit{fig. } 1)$$

et

$$x = N \sin \alpha,$$

x étant l'indice du liquide inconnu et α l'angle limite.

On a donc finalement

$$x = N \frac{r}{R}.$$

En laissant une mince couche d'air entre les deux surfaces, le rayon r' observé donne de suite l'indice du bloc

$$(1) \qquad N = \frac{R}{r'}$$

en prenant l'indice de l'air pour unité.

De sorte que, finalement, il suffit de connaître le rayon r' obtenu avec l'air, et celui r donné par le liquide, pour avoir de suite l'indice de ce dernier

$$(2) \qquad x = \frac{r}{r'}.$$

Les mesures ainsi faites sur un appareil d'essai ont donné :

Diamètre $2r'$, air interposé.....	23^{mm}
Diamètre $2r$, eau interposée.....	30,8
Diamètre $2R$.....	40,1

La formule (1) donne..... $N = \frac{40,1}{23,1} = 1,735$

La formule (2) donne..... $x = \frac{30,8}{23,1} = 1,332$

$\frac{1}{10}$ de millimètre d'erreur sur la mesure de $2r$ donne donc 0,005 sur l'indice, avec le rayon R choisi.

Bien qu'utilisant l'angle limite, ce procédé s'applique même à des liquides très peu transparents, étant donnée la faible épaisseur de la lame soumise à la mesure.

La température du bloc est donnée très exactement par un thermomètre plongeant dans une cavité percée dans le verre et pleine de mercure; c'est aussi celle de la mince lame de liquide interposée.

ÉLECTRICITÉ. — *Actions chimiques et ionisation par barbotage.* Note de M. **L. Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

I. On a cru longtemps que les réactions chimiques, par voie sèche ou par voie humide, sont accompagnées d'ionisation. Nous avons montré sur différents exemples (oxydations, dissociations, combustions vives) que les réactions par voie sèche ne produisent aucune ionisation ([1]). Ces résultats sont en général d'accord avec ceux de MM. de Broglie et Brizard ([2]).

Il importait de confirmer ce point en étudiant une réaction susceptible de se faire à la fois par voie sèche et par voie humide. Nous avons songé à l'attaque du zinc par l'acide chlorhydrique. On sait que l'hydrogène préparé ainsi par voie humide est toujours fortement conducteur. Nous avons attaqué vers 225° du zinc en poudre par le gaz chlorhydrique sec. Bien qu'il se forme dans ces conditions du chlorure de zinc en quantité notable, nous n'avons jamais obtenu aucune trace d'ionisation.

II. La question se pose alors de savoir quelle est l'origine des ions produits *par voie humide*.

Kösters, J.-J. Thomson, plus récemment MM. de Broglie et Brizard ont suggéré l'idée que ces ions sont dus au barbotage. Le seul argument fourni par ces derniers auteurs est l'absence de centres chargés dans les fumées produites par l'acide azotique agissant sur la benzine ou la térébenthine (*liquides inactifs par barbotage*). Nous verrons tout à l'heure ce que cet argument a d'insuffisant.

J'ai étudié spécialement l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc et me suis rendu compte des faits suivants :

1° Si l'on étudie, au cylindre de Faraday, le signe de la charge totale emportée par le gaz, non seulement on constate une ou deux inversions de signe au cours de la réaction, mais le signe initial lui-même, pour un liquide déterminé, dépend des conditions de l'attaque. Avec du zinc neuf, qui s'attaque lentement, le signe est négatif; avec du zinc ayant déjà servi, l'attaque est vive et le signe positif. Dans le premier cas, le dégagement d'hydrogène se fait par bulles relativement petites; dans le second, par grosses bulles. Lorsque la réaction s'épuise, les bulles diminuent et le signe redevient négatif. Il y a là une différence, au moins apparente, avec les phé-

---

([1]) L. Bloch, *Comptes rendus*, 22 mars 1908, p. 782 et 8 novembre, p. 775.

([2]) Cf. *Comptes rendus*, 14 juin 1909, p. 1596 et 22 novembre, p. 923.

nomènes usuels du barbotage, qui donnent lieu, même quand on varie beaucoup les conditions, à des signes constants. Ajoutons que le barbotage direct de l'hydrogène à travers la liqueur employée donne un signe positif, c'est-à-dire contraire à celui que donne le plus souvent l'action chimique [1].

2° Malgré ce désaccord, les faits montrent que l'ionisation par voie chimique, comme l'ionisation par barbotage, est un *effet de surface*. Elle n'est nullement liée à la quantité d'hydrogène dégagé, les dégagements les plus petits ($0^{cm^3},1$ à la minute par exemple) peuvent donner lieu à des effets intenses. De plus, *elle est supprimée complètement lorsqu'on verse à la surface de l'eau acidulée de petites quantités de liquides étrangers*. C'est ce qui ressort des expériences suivantes :

La réaction étant disposée de façon à donner des effets d'ionisation intenses (250 divisions de l'échelle en 15 secondes par exemple), on verse au-dessus du liquide chlorhydrique quelques centimètres cubes de benzine, d'huile de vaseline ou d'huile d'olive (*liquides inactifs par barbotage*). Les effets sont immédiatement réduits à néant. Quelques gouttes suffisent à diminuer beaucoup la vitesse de déviation de l'électromètre.

Si, au-dessus de la couche de benzine, on verse une couche d'alcool ou d'acétone (*liquides actifs par barbotage*), les effets ne reparaissent pas, bien que le dégagement gazeux ne soit pas sensiblement modifié. Il en est de même si l'on remplace la benzine par la benzine phéniquée (liquide actif par barbotage).

Si l'on verse directement, sur l'eau acidulée, une mince couche d'alcool ou d'acétone (*liquides actifs*), les effets sont supprimés sensiblement aussi bien que par la benzine. Seulement comme il s'agit de liquides miscibles à l'eau, la suppression n'est que temporaire et les effets reparaissent en partie quand la couche superficielle est dissoute. Si l'on rajoute de l'alcool ou de l'acétone en quantité un peu plus grande, les effets s'annulent et ne reparaissent plus. L'alcool amylique (liquide très actif par barbotage), beaucoup moins soluble dans l'eau que l'alcool ordinaire, agit beaucoup plus énergiquement que lui.

3° Sans rien changer aux conditions de la réaction, on peut se contenter de faire varier la surface du liquide en la faisant affleurer, par une faible dénivellation, d'un niveau large à un niveau étroit. On constate alors une réduction considérable des effets. Il en est de même si l'on dispose, dans le liquide, un obstacle qui modifie la structure des bulles. Dans les deux cas, à une diminution d'effets correspond un grossissement marqué du diamètre des bulles.

---

[1] Avec un acide très dilué, nous avons obtenu des effets d'ionisation *presque rigoureusement unipolaires*.

Nous concluons de là que l'ionisation par voie chimique (humide) est, comme l'ionisation par barbotage, un phénomène superficiel. Les divergences observées entre les deux cas peuvent tenir à la différence de grandeur qui existe entre les bulles formées par voie chimique et les bulles les plus petites formées par barbotage ([1]).

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires.* Note de M. O. **Boudouard**, présentée par M. Bertin.

D'après M. A. Guillet, l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires des fers et aciers doit permettre de caractériser les différentes espèces de métaux ([2]); en particulier, dans les mêmes conditions d'expériences, l'amortissement d'un U de fer doux est environ 3 fois plus grand que celui d'un U d'acier doux. A la suite de cette Note, M. Henry Le Chatelier appela l'attention des savants et des ingénieurs sur le problème posé par M. A. Guillet et insista sur l'importance qu'il pouvait avoir au point de vue industriel ([3]). J'ai entrepris, sous les auspices de la Société d'encouragement, une étude d'ensemble de la question; ce sont les premiers résultats obtenus qui font l'objet de cette Note.

Les essais ont porté sur un acier commercial de très bonne qualité, à 0,3 pour 100 de carbone.

La barre métallique vibre transversalement dans le sens horizontal; elle est fixée par une de ses extrémités dans une sorte d'étau s'élevant perpendiculairement à un banc muni d'une rainure longitudinale le long de laquelle peut coulisser l'électro-aimant destiné à l'attaque de la barre. Sur le côté du banc, qui est indépendant de l'étau, est montée une tablette de laiton munie également de deux rainures longitudinales le long desquelles peut se déplacer le contact d'entretien commandé par la tige vibrante. L'étau et le banc sont fixés solidement à une table d'ardoise à l'aide d'écrous de serrage, et la table fait corps avec les murs du bâtiment. Il importe en effet de réaliser dans ce genre d'expériences une rigidité absolue du support de la verge vibrante pour que le mouvement vibratoire de la verge ne soit pas affecté par des causes

---

([1]) Des mesures de mobilité nous ont fait voir que les ions des actions chimiques ont des mobilités comparables à celles que donne le barbotage. En particulier, à côté des gros ions signalés par Townsend et E. Bloch, on trouve des ions de dimensions moyennes dont les mobilités sont, par exemple, $0^{mm},4$-$0^{mm},6$.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 551.

([3]) *Revue de Métallurgie*, 1909, p. 888.

étrangères; l'installation que j'ai montée semble répondre à cette condition. Le contact d'entretien électrique du mouvement vibratoire est monté d'après les indications données par M. A. Guillet.

Pour la lecture des amplitudes, le filament d'une lampe à incandescence est placé dans le plan focal d'une lentille interposée entre la règle transparente graduée et un petit miroir plan fixé à l'extrémité de la tige vibrante. Avec un chronomètre, il est possible de mesurer la durée totale de l'amortissement, ou mieux encore les amplitudes à des temps différents, mais l'opération est très délicate. Pour avoir plus d'exactitude, et surtout pour éviter toute erreur personnelle, il est plus commode d'enregistrer photographiquement le mouvement vibratoire normal et les courbes d'amortissement sur un cylindre tournant, modèle Richard par exemple; comme source lumineuse, il faut prendre alors une lampe Nernst. Une description très détaillée de toute l'installation, dont je viens de donner rapidement le plan, paraîtra ultérieurement dans un autre Recueil. Dans chaque série d'essais, on enregistre la courbe d'amortissement de la barre avant de la faire vibrer, puis les courbes d'amortissement à des intervalles de temps variés jusqu'au moment de la rupture; on compare ensuite les divers diagrammes.

J'ai ainsi étudié l'acier dont il a été question précédemment, brut de laminage, recuit et trempé. L'élongation totale de l'extrémité libre de la verge vibrante est de $3^{cm},5$ à 4^{cm}, ce qui correspond à un angle d'écartement de 6° à 7° environ entre les positions extrêmes; on compte 30 vibrations doubles par seconde. La barre d'acier brute de laminage s'est rompue après 12 heures 30 minutes, soit 1 350000 vibrations; la barre recuite, après 4 heures 30 minutes, soit 486000 vibrations; la barre trempée, après 30 minutes, soit 54000 vibrations. La rupture se produit toujours près de l'encastrement, et elle est annoncée qualitativement par un affaiblissement du mouvement vibratoire; au moment de la rupture qui se produit dans toute la section de la barre, la partie libre ne tombe pas d'elle-même, et il faut même un certain effort pour séparer les deux morceaux; l'examen de la section à l'œil nu montre des zones parallèles à partir de la face non attaquée par l'électro-aimant avec une différence de grosseur du grain; la métallographie microscopique ne permet pas d'établir des différences bien nettes au point de vue de la structure interne du métal. En cherchant à analyser le phénomène d'une manière plus approfondie, on pouvait espérer suivre l'altération du métal au fur et à mesure de sa progression, cette altération devant se manifester par un accroissement rapide et très considérable de la vitesse d'amortissement du mouvement vibratoire; la comparaison des courbes enregistrées dans ces premières expériences ne paraît pas très démonstrative, sauf pour le métal trempé, et il semblerait ainsi que le métal ne subit pas de transformation moléculaire notable avant la rupture. De nouveaux essais sont nécessaires pour élucider ce point.

En résumé, les résultats obtenus dans cette étude préliminaire m'engagent à continuer ce travail, et je me propose d'étudier maintenant, d'une manière systématique, l'amortissement des mouvements vibratoires dans des métaux de composition chimique différente ayant subi des traitements thermiques différents, pour rechercher comment cette nouvelle propriété des métaux varie avec les conditions qui jouent un rôle prépondérant dans la détermination de leurs propriétés mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse de l'essence de térébenthine par les courbes de miscibilité.* Note de M. **M. Vèzes**, présentée par M. A. Haller.

La publication par M. Louïse, dans les *Comptes rendus* du 28 février dernier (t. 150, p. 526), d'une méthode d'analyse des essences de térébenthine basée sur la solubilité réciproque de ces essences et de l'aniline, me fait un devoir de signaler les résultats obtenus depuis quelques mois par mes collaborateurs et moi-même sur le même sujet. Comme on va le voir, ces résultats confirment, d'une manière générale, les vues de M. Louïse : nous avons, nous aussi, reconnu depuis longtemps que l'aniline constitue un réactif de choix pour l'examen de l'essence de térébenthine ; mais nous avons constaté en même temps que son emploi comporte certaines causes d'erreur, qu'il est important de ne pas négliger.

La courbe de solubilité réciproque (ou courbe de miscibilité) de l'essence de térébenthine et de l'aniline a été déterminée, durant l'année 1908-1909, par un de mes élèves, M. Queysanne, dans un travail qui lui a valu, en juin 1909, le diplôme d'études supérieures de Sciences physiques. L'essence employée était de l'essence landaise récemment rectifiée, d'acidité nulle, de densité 0,8656 à 15°, d'indice 1,4676 (à 25° pour la raie D et par rapport au vide), donnant au polarimètre une rotation de — 31°,20 (à 20° dans un tube de 100^{mm} et pour la raie D). L'aniline employée bouillait à 183°,1 sous une pression de $759^{mm},3$, et fondait à — 6°,28; sa densité était de 1,0256 à 15°, et son indice, mesuré dans les mêmes conditions que plus haut, de 1,5826. Rapportée, comme il est d'usage, à la concentration définie par le rapport de la masse de l'un des composants à la masse totale, la courbe obtenue par M. Queysanne est sensiblement une parabole : son point critique correspond à la température de 18°,05 et à 45,4 pour 100 d'essence. Rapportée, comme le fait M. Louïse, à la concentration définie par le rapport des volumes des deux composants, cette courbe diffère très peu de celle que donne cet auteur pour l'essence qu'il nomme *Mont-de-Marsan pure*.

Depuis lors, nous avons déterminé la courbe de solubilité réciproque de

l'aniline et d'un white spirit commercial, d'acidité nulle, caractérisé par une densité de 0,7615 à 25° et un indice de 1,4305 (à 25° pour la raie D et par rapport au vide), ainsi que celles que fournit l'aniline avec des mélanges en diverses proportions d'essence de térébenthine et de white spirit. La première de ces courbes, rapportée aux coordonnées habituelles, est non seulement déplacée, mais aussi très déformée par rapport à la parabole précédente: son maximum de température correspond à plus de 50° et à 25 pour 100 d'essence. Cette déformation concorde mal avec celle que signale M. Louïse pour la courbe fournie par le white spirit et construite avec ses notations: le maximum de température de cette dernière correspond à un mélange de 7^{cm^3} d'essence avec 10^{cm^3} d'aniline, soit à 37 pour 100 d'essence en poids, et à une température de 47° environ. L'écart de ces résultats paraît dû à la variété des produits désignés sous le nom de *white spirit*.

Quant aux courbes que nous avons obtenues avec des mélanges de white spirit et d'essence, elles dénotent la déformation graduelle de la parabole primitive à mesure que la dose de white spirit augmente. La courbe correspondant à un mélange à 20 pour 100 de white spirit a son maximum de température vers 25°; la courbe correspondante de M. Louïse a son maximum au-dessous de 23°. On voit par là que le dosage du white spirit par cette méthode dépend, dans une certaine mesure, de l'échantillon de white spirit employé.

Nous avons étudié, d'autre part, l'influence exercée sur la courbe de miscibilité de l'aniline et de l'essence par les produits de distillation sèche de la colophane, huile de résine et essence vive de résine. Une huile de résine raffinée, sensiblement neutre, ajoutée à la dose de 5 pour 100 à de l'essence de térébenthine, abaisse sa courbe de miscibilité d'environ 1°. Nous avons observé un déplacement plus notable avec une essence vive de résine légèrement acide (sa saturation à la phtaléine exigeait 3^g de potasse pure KOH par litre), dont l'addition, à la dose de 5 pour 100, produit un abaissement d'environ 2°. Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux que donne M. Louïse, car les indications que fournit son texte se rapportent à l'huile de résine, tandis que la figure qui l'accompagne ne donne que la courbe relative à l'essence vive; de plus, il ne fournit aucun renseignement sur l'acidité des échantillons dont il a fait usage.

Il est à prévoir en effet, étant donnée l'alcalinité de l'aniline, que l'acidité plus ou moins grande des essences qu'on lui mélange exercera une influence notable sur leur solubilité réciproque. Or c'est par leur teneur en matières

acides (colophane provenant de la gemme initiale, acides volatils formés par oxydations dans les essences vieillies), en même temps que par leur teneur en carbures moins volatils que le pinène, que les essences des Landes se différencient les unes des autres. Nous avons donc été amenés à étudier l'influence des adultérants normaux de l'essence, et notamment de la colophane, à qui elle doit toujours la majeure partie de son acidité. Sans entrer ici dans des détails qui trouveront leur place dans une publication ultérieure, nous signalerons seulement, comme un résultat important de cette étude, l'influence considérable exercée par la colophane sur le phénomène étudié : une addition à l'essence de 5 pour 100 de colophane (de nuance M et d'acidité correspondant à 163^{mg} de potasse KOH par gramme) suffit pour abaisser d'une dizaine de degrés la courbe de miscibilité de cette essence, c'est-à-dire pour réaliser un déplacement comparable — bien que de sens inverse — à celui qui résulterait de l'addition de 40 pour 100 du white spirit employé par M. Louïse. La teneur en colophane des essences des Landes variant de 0,0 à 0,6 pour 100 dans les essences commercialement pures, et pouvant atteindre jusqu'à 3 pour 100 dans les essences de qualité inférieure, on voit que cette colophane peut masquer, dans l'application de la méthode dont il s'agit, jusqu'à près de 25 pour 100 de white spirit.

Aussi nous paraît-il indispensable, pour appliquer la solubilité réciproque de l'aniline et de l'essence de térébenthine à la recherche des falsifications de cette dernière, d'opérer non sur l'essence elle-même, mais sur l'une des fractions obtenues au cours de sa distillation fractionnée, et dont on aura eu soin de vérifier la neutralité. Ce fractionnement préalable ne constitue pas pour l'analyste un supplément de travail : c'est en effet, parmi les opérations que comporte l'analyse des essences de térébenthine, l'opération fondamentale dont tous les spécialistes s'accordent à reconnaître l'importance et sans laquelle, dans la plupart des cas, ils n'oseraient conclure avec certitude.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique pur.* Note de M. **Lecoq**, présentée par M. A. Haller.

M. Auger (*Comptes rendus*, t. CXLV, 28 octobre 1907) a indiqué une méthode permettant de préparer un arsenic colloïdal par réduction, à basse température et en milieu alcoolique, du trichlorure d'arsenic par l'acide hypophosphoreux. La variété d'arsenic ainsi obtenue ne donne de pseudo-solution qu'en présence d'alcalis et retient des quantités variables de phosphore et d'alcalis dont il est impossible de la débarrasser.

On peut obtenir, par voie électrique, une solution colloïdale d'arsenic exempt d'impuretés, stable en milieu neutre ou acide. Cette solution se prépare soit en électrolysant une solution alcaline avec une anode d'arsenic, soit par électroréduction d'une solution alcaline d'acide arsénieux.

I. Dans l'électrolyse des solutions alcalines, l'anode seule doit être en arsenic. Différents métaux peuvent être employés comme cathode, particulièrement le fer et le platine. En opérant sous un potentiel de 80 à 100 volts, avec une densité de courant de 1 ampère environ, l'anode se pulvérise lentement en donnant une solution colloïdale. La stabilité de la pseudo-solution ainsi obtenue est très augmentée si l'on fait l'électrolyse en présence d'un colloïde stable.

La concentration de la liqueur en alcali, la différence de potentiel et la distance de deux électrodes semblent être les facteurs dont dépend la grosseur des granules du colloïde. Mais dans tous les cas, la pseudo-solution ainsi obtenue, observée à l'ultramicroscope, se montre constituée par des grains de grosseur variable et, abandonnée à elle-même après neutralisation, elle laisse déposer une partie de son métalloïde. Durant la préparation, il y a formation de petites quantités d'acide arsénieux.

II. L'électroréduction de l'acide arsénieux en liqueur alcaline est susceptible de donner naissance à une solution colloïdale d'arsenic à petits grains, beaucoup plus stable que la précédente. Les meilleurs résultats sont obtenus dans les conditions suivantes :

L'anode est constituée par une lame de platine de 4^{cm^2} à 5^{cm^2}, la cathode par une surface de mercure couvrant le fond d'un cristallisoir de 1^l à fond plat de 18^{cm} à 20^{cm} de diamètre. On soumet à l'électrolyse une solution fortement alcaline d'acide arsénieux très pur obtenue, par exemple, en dissolvant 3^g d'anhydride arsénieux dans 1^l de soude à 3 pour 1000. Le courant utilisé est réglé entre 2 et 3 ampères sous 100 volts environ.

La solution s'échauffe notablement et il est nécessaire de refroidir. Une certaine quantité d'acide arsénieux, variable suivant les conditions de l'expérience, échappe toujours à la réduction. On le sépare complètement par une dialyse suffisamment prolongée.

Lorsque la solution d'acide arsénieux soumise à l'électroréduction n'est additionnée d'aucun colloïde stable, la durée de la solution colloïdale obtenue est éphémère. Par contre, en additionnant cette solution de petites quantités d'un colloïde stable, tel que la gomme, elle peut se conserver très longtemps. Des pseudo-solutions contenant $0^g,0008$ d'arsenic et $0^g,005$ de gomme par centimètre cube n'ont pas précipité au bout de 6 mois, après neutralisation par un acide fort et séparation de l'acide arsénieux par dialyse. L'addition de glycérine augmente également la stabilité de la pseudo-solution.

Propriétés de la solution colloïdale d'arsenic. — La solution colloïdale d'arsenic est de couleur brun rouge très foncé. Observée à l'ultramicroscope, elle laisse voir des granules très fins et de grosseur très uniforme lorsque le colloïde a été obtenu par électroréduction de l'acide arsénieux.

Le mouvement brownien est accentué et s'amplifie par addition de petites quantités d'électrolytes.

La solution s'oxyde rapidement à l'air lorsqu'elle est alcaline : neutre ou acide, elle reste inaltérée. En présence d'eau oxygénée, en milieu alcalin, l'oxydation est immédiate. Il y a, dans ces deux cas, formation exclusive d'arsénites. La liqueur décinormale d'iode oxyde extemporanément la solution colloïdale d'arsenic alcaline avec formation d'arséniates. La réaction est quantitative.

La solution colloïdale d'arsenic n'oxyde pas la teinture de Gaïac.

La solution colloïdale d'arsenic, stabilisée avec de faibles quantités de gomme, présente, vis-à-vis des électrolytes, une stabilité beaucoup plus grande que les autres solutions colloïdales métalliques. Les alcalis concentrés ne la précipitent pas, même en grand excès, avant de l'oxyder. Les sels et les acides faibles la précipitent difficilement. En présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique concentré, la précipitation est rapide et totale à chaud. Cette propriété a été utilisée pour doser gravimétriquement l'arsenic en suspension et pour caractériser, dans la solution chlorhydrique filtrée, par la réaction de l'acide hypophosphoreux, l'acide arsénieux qui peut avoir échappé à la réduction et à la dialyse.

Analyse. — La solution colloïdale d'arsenic, préparée par électroréduction de l'acide arsénieux et dialysée jusqu'à ce que les liqueurs chlorhydriques, après précipitation de l'arsenic, ne présentent plus la réaction de l'acide arsénieux, a été soumise à l'analyse par pesée et par l'iodométrie. Il a été trouvé :

Par *pesée*, $0^g,0007$ d'arsenic par centimètre cube (moyenne de trois expériences);

Par *iodométrie*, $0^g,00077$ d'arsenic par centimètre cube (moyenne de trois expériences).

On doit donc admettre que l'arsenic se trouve dans cette solution colloïdale sous sa forme métalloïdique pure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Catalyse des acides aromatiques.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

I. *Catalyseurs.* — J'ai montré précédemment [1] qu'en faisant passer sur la thorine les vapeurs d'acide benzoïque et d'un acide gras, on obtenait

[1] *Comptes rendus*, 10 janvier 1910, p. 111.

la cétone aromatique dérivée de ces deux acides. Avant d'étendre cette méthode aux autres acides aromatiques, j'ai repris, avec divers catalyseurs, les expériences déjà décrites, afin de déterminer, par une étude comparative, la valeur de chacun d'eux.

La *chaux*, l'*oxyde de zinc*, l'*alumine*, l'*oxyde chromique* se comportent, vis-à-vis d'un mélange d'acide benzoïque et d'acide gras, d'une façon à peu près identique à celle qui a été relatée pour les acides forméniques employés seuls (¹). Avec ces oxydes, surtout avec les deux derniers, on arrive à préparer l'acétophénone à partir d'un mélange d'acide benzoïque et d'acide acétique; mais, lorsqu'à l'acide acétique on substitue ses homologues, on constate qu'à mesure que la teneur en carbone augmente les rendements deviennent de plus en plus mauvais.

Dans la famille du thorium, l'*oxyde cérique* CeO^2, l'*anhydride titanique* amorphe TiO^2, l'*oxyde stannique* SnO^2 se sont montrés très inférieurs à la thorine. Ils décomposent énergiquement les acides organiques; mais, au lieu de se borner à la formation des cétones, ils fournissent en grande partie les produits de leur destruction.

Avec la zircone ZrO^2, les choses se passent autrement. Pour beaucoup d'acides forméniques employés seuls ou mêlés à l'acide benzoïque, les propriétés catalytiques de cet oxyde sont tout à fait comparables à celles de la thorine, mais elles semblent fléchir avec certains acides, notamment avec les homologues de l'acide benzoïque, alors que pour la thorine la production des cétones se fait, dans tous les cas, avec la même régularité.

L'*oxyde vert d'uranium* U^3O^8, dont j'avais signalé l'action sur les acides forméniques, un peu plus lente que celle de la thorine, conserve cette même activité lorsque ces acides sont mêlés à l'acide benzoïque. Durant la réaction, l'oxyde vert est ramené progressivement à l'état d'uranyle, UO^2, qui devient ainsi le véritable catalyseur.

Il résulte de ce qui précède, que pour la préparation des cétones aromatiques je disposais de trois catalyseurs : la *thorine*, la *zircone* et l'*uranyle*, et que la thorine se recommandait à mon choix par son action plus régulière que celle de la zircone et plus rapide que celle de l'uranyle.

II. *Action catalytique.* — Après avoir préparé par l'action catalytique de la thorine, comme il a été dit plus haut, les cétones aromatiques dérivées de l'acide benzoïque, j'ai appliqué le même catalyseur aux homologues de cet acide tels que : l'acide *phénylacétique* ou *α-toluique*

$$C^6H^5 - CH^2 - CO^2H;$$

l'acide *hydrocinnamique* ou *phényl-3-propanoïque*

$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO^2H;$$

(¹) *Comptes rendus*, 19 juillet 1909, p. 213.

les acides *toluiques* $C^6H^4(CH^3)CO^2H$ ortho, méta et para. Mes expériences ont également porté sur les acides *naphtoïques* α et β $C^{10}H^7CO^2H$.

De même que pour l'acide benzoïque, j'ai fait passer sur la thorine chauffée vers 430°-450°, ces divers acides, soit seuls, soit mêlés à des acides gras. Ces derniers mélanges sont généralement liquides à la température ordinaire, ce qui facilite les opérations.

Le dédoublement catalytique est tout aussi aisé et aussi complet qu'avec l'acide benzoïque. J'ai pu préparer de la sorte une trentaine de cétones aromatiques mixtes dont je me réserve de donner, dans des Communications ultérieures, les constantes physiques et les combinaisons caractéristiques. Parmi ces cétones, plusieurs n'ont pas été décrites, et pour quelques-unes des cétones déjà connues, les constantes varient selon les auteurs, ce qui s'explique par la difficulté qu'on avait jusqu'ici à préparer ces cétones et à les obtenir pures.

Une différence assez remarquable que j'ai rencontrée dans le cours de ces recherches, c'est celle qui existe, au point de vue catalytique, entre les acides où le groupe carboxyle est uni directement au noyau aromatique, et les acides où ce carboxyle se relie au noyau par l'intermédiaire d'une chaîne forménique.

Dans le premier cas, la cétone symétrique ne se forme pas. C'est ainsi que l'acide benzoïque passant en vapeurs sur la thorine ne fournit pas de benzophénone, et celle-ci ne se retrouve pas non plus avec les cétones mixtes provenant du mélange de l'acide benzoïque avec un acide gras [1]. De même, il ne se produit pas de dicrésylcétone avec les acides toluiques, ni de dinaphtylcétone avec les acides naphtoïques.

Dans le second cas, au contraire, la cétone symétrique se forme toujours. L'acide phénylacétique, par exemple, mêlé aux acides forméniques, donne avec la thorine, en même temps que les cétones mixtes, une certaine proportion de *dibenzylcétone* qu'il est facile de préparer à l'état de pureté par la catalyse de l'acide phénylacétique seul. De même, l'acide phényl-3-propanoïque catalysé seul fournit la cétone symétrique

$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - C^6H^5,$$

la *diphényl-1.5-pentanone-3*, laquelle se rencontre, en plus ou moins grande quantité, dans les cétones mixtes provenant du mélange de l'acide phényl-3-propanoïque avec les acides gras.

---

[1] *Comptes rendus*, 10 janvier 1910, p. 111.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité des β-cétoaldéhydes.* Note de M. F. **Couturier**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CLX, p. 1695) quelles paraissaient être les conditions de stabilité des cétoaldéhydes de forme $R - CO - CH = CHOH$, obtenues au moyen de cétones saturées à chaîne arborescente, et leur stabilité s'est montrée d'autant plus grande que le groupement hydrocarboné de substitution se trouve plus rapproché de la fonction cétonique. Je me propose, dans cette Note, de confirmer, par un exemple nouveau, cette manière de voir, et d'étudier les produits de condensation obtenus avec des cétones non saturées.

1° Dans la série des cétones saturées, la *méthylheptanone*

$$\begin{array}{l} CH^3 - CH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3 \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH^3 \end{array}$$

a été condensée avec l'éther formique au moyen du sodium métallique, d'après la méthode que j'ai employée précédemment.

Le sel de cuivre $(C^9H^{16}O^2)^2Cu$ du *méthyloctanonal* ainsi obtenu se présente sous la forme de cristaux bleus solubles dans l'éther, et fusibles à 112°. Sa décomposition par l'acide sulfurique étendu à 10 pour 100 donne un liquide assez fluide, fortement coloré, mais qui ne peut distiller sans décomposition, même dans le vide. L'analyse de son sel de cuivre a pu seule donner des résultats rigoureux. Cette cétoaldéhyde manifeste donc une stabilité moindre que celles déjà décrites, et il faut en chercher la cause dans la position de la substitution méthylée, qui se trouve à une distance de la fonction cétonique assez grande pour que la cétoaldéhyde se comporte comme ayant une chaîne linéaire.

2° Les cétones non saturées de forme $R - CO - CH^3$, dans lesquelles le radical hydrocarboné R présente un groupement éthylénique, se comportent en général, dans la condensation avec l'éther formique, de façon à donner des cétoaldéhydes instables, formant des sels de cuivre bien cristallisés, mais d'où la cétoaldéhyde ne peut pas être isolée sans décomposition. Ces condensations se font du reste, généralement, avec une assez grande difficulté, et les rendements obtenus sont souvent faibles.

J'ai ainsi réalisé les condensations suivantes :

Isopropylidènecétoaldéhyde $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C = CH - CO - CH = CH\,OH$. — Cette cétoaldéhyde a été préparée par condensation de l'oxyde de mésityle avec l'éther formique. Son sel de cuivre, obtenu par addition d'acétate neutre de cuivre à 45°, est d'abord traité par l'éther de pétrole à froid qui dissout les goudrons formés abondamment à côté du produit principal, puis par l'éther à chaud qui laisse déposer des cristaux noirs très purs, fondant à 134°. Ce sel de cuivre étant peu soluble dans l'éther, il est nécessaire de faire plusieurs épuisements à chaud pour le séparer de l'acétate de cuivre auquel il était mélangé.

Avec 25g d'oxyde de mésityle, on obtient 50g environ de sel de cuivre pur, soit un rendement de 52 pour 100.

La décomposition du sel de cuivre par l'acide sulfurique à 10 pour 100 donne un liquide se décomposant en grande partie par la distillation dans le vide. Le sel de cuivre seul a pu être analysé.

Normalbutylènecétoaldéhyde $CH^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CO - CH = CH\,OH$ préparée par condensation de l'alhylacétone avec l'éther formique. Le sel de cuivre de cette cétoaldéhyde est bleu pâle, peu soluble dans l'éther, assez soluble dans l'alcool à chaud, d'où l'on retire par refroidissement de petits cristaux bleus, fondant à 136°.

La décomposition du sel de cuivre par SO^4H^2 à 10 pour 100 a permis d'isoler un liquide bouillant à 58° sous 13mm, mais subissant néanmoins une légère décomposition à la distillation. Sa stabilité paraît toutefois supérieure à celle du produit dérivé de l'oxyde de mésityle.

L'*isométhylheptènone* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH^2 - CH = CH - CO - CH^3$ n'a donné avec l'éther formique aucun produit de condensation. La méthylheptènone synthétique donne, au contraire, une cétoaldéhyde stable, ainsi que l'a montré M. Leser, et il est probable que cette différence de résultat est due à la position de la liaison éthylénique dans les 2mol.

De ces réactions on peut tirer les conclusions suivantes :

La présence de la liaison éthylénique dans une cétoaldéhyde de la forme indiquée ci-dessus donne de l'instabilité au produit; en effet l'*isopropylidènecétoaldéhyde* correspond exactement, comme condensation en carbone à l'*isovalérylaldéhyde;* la première, à fonction éthylénique, n'est pas stable, alors que la seconde, à chaîne saturée, peut distiller dans le vide sans décomposition.

En second lieu l'instabilité paraît d'autant plus grande que la fonction éthylénique est plus rapprochée du groupement cétonique, ainsi que le montrent les propriétés comparées de l'isopropylidènecétoaldéhyde et de la butylènecétoaldéhyde.

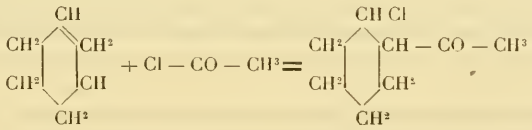
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de synthèse des cétones non saturées.* Note de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Haller.

J'ai entrepris, il y a quelque temps, des recherches afin d'examiner si la méthode de synthèse au chlorure d'aluminium de Friedel et Crafts, était applicable aux carbures hydroaromatiques. Je me suis tout d'abord adressé à l'action des chlorures d'acides, et j'ai tenté de préparer l'hexahydroacétophénone par l'action du chlorure d'acétyle sur l'hexahydrobenzène.

L'expérience n'a pas confirmé ces espérances, car en traitant un mélange équimoléculaire d'hexahydrobenzène et de chlorure d'acétyle par une molécule de $AlCl^3$, il ne se produit aucune réaction à froid; en élevant la température, on n'obtient que les produits de la réaction de $AlCl^3$ sur CH^3COCl, l'hydrocarbure restant intact.

J'ai alors tenté cette généralisation sur le tétrahydrobenzène qui est un carbure cyclique hexagonal présentant une double liaison comparable à l'une des trois doubles liaisons qui existent dans la benzine. L'expérience a entièrement confirmé mon induction, mais cette réaction présente un caractère bien différent de celle de Friedel et Crafts. Elle constitue une nouvelle réaction de synthèse plus générale que celle de ces deux savants qui n'en est qu'un cas particulier.

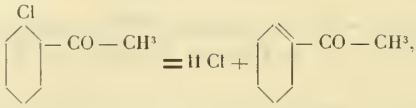
Lorsqu'on ajoute lentement 133g de chlorure d'aluminium en poudre fine dans un mélange bien refroidi au-dessous de 0°, de 78g de chlorure d'acétyle, de 82g de tétrahydrobenzène et de 600g de CS^2, le premier terme de la réaction est un simple produit d'addition de chlorure d'acide sur le carbure



Cette cétone chlorée donne ensuite avec $AlCl^3$ une combinaison complexe assez stable, ayant l'aspect d'une huile brune insoluble dans CS^2.

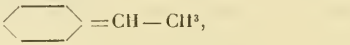
En reprenant le produit par l'eau glacée, cette combinaison se scinde et met en liberté la cétone chlorée qui ne tarde pas à se décomposer elle-même partiellement en se polymérisant, surtout si l'on cherche à l'isoler par distillation. En la traitant au contraire de suite par une base tertiaire, comme la diéthylaniline, elle se dédouble nette-

ment en HCl et tétrahydroacétophénone



liquide incolore à odeur forte d'acétophénone et d'acétate d'amyle. Elle bout à 201°-202°; sa semi-carbazone fond à 220°, son oxime à 99°.

M. Wallah (¹), en soumettant le cyclohexène-éthane, de formule



à l'action du chlorure de nitrosyle, a obtenu un nitrosochlorure qui, traité par l'acétate de soude, a donné une oxime; cette oxime, saponifiée par l'acide sulfurique dilué, a fourni une tétrahydroacétophénone identique à celle que je viens de préparer.

Cette identité établit sans doute possible la position de la double liaison.

Je ferai remarquer que, malgré les bons rendements indiqués par M. Wallah, la méthode de préparation que je viens de donner est préférable à cause de sa simplicité; elle donne, d'ailleurs, en une seule opération, 50g de cétone pure.

En présence de ce résultat, j'ai été amené à penser que la réaction de condensation que je venais de découvrir ne dépendait pas de la forme cyclique de la molécule, mais uniquement de la double liaison éthylénique.

J'ai alors entrepris une série d'expériences sur d'autres carbures éthyléniques, tant dans la série grasse que dans la série hydroaromatique.

J'ai constaté que, dans tous les cas, il y avait fixation du chlorure d'acide pour donner naissance à une cétone chlorée, qui, à son tour, perd HCl sous l'action d'une base tertiaire, pour donner naissance à une cétone non saturée. Il en résulte donc une méthode très générale pour la préparation de ces corps.

Des idées théoriques que j'exposerai plus tard m'ont amené à supposer que le chlorure d'aluminium n'était pas le seul chlorure capable d'entraîner ces condensations. J'ai donc entrepris des recherches en ce sens, et j'ai été amené à trouver qu'il s'agissait d'une propriété très générale des chlorures anhydres.

(¹) Justin, *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCCLX, p. 46.

Les chlorures de soufre, de cuivre, de mercure, le chlorure stanneux, sont sans action; parmi les éléments triatomiques, le chlorure de bore, le chlorure ferrique, le trichlorure d'antimoine, déterminent la réaction, mais avec de moins bons rendements que $AlCl^3$. Pour les éléments tétratomiques, le chlorure de silicium est sans action, le tétrachlorure de titane donne de bons rendements, le tétrachlorure d'étain donne une condensation tellement nette qu'il paraît plus avantageux que $AlCl^3$, et j'ai été ainsi amené à la préparation suivante de la tétrahydroacétophénone :

Dans une solution bien refroidie, de 250^g de $SnCl^4$ et 600^g de CS^2, on verse lentement un mélange de $78^g,5$ de chlorure d'acétyle, et de 82^g de tétrahydrobenzène. Ce liquide ne tarde pas à se colorer en rouge foncé, puis il se dépose une huile qui occupe bientôt près de la moitié du mélange. Pendant cette condensation, il ne se dégage pas de HCl. Au bout de quelques heures, on reprend le produit par l'eau, et il se décolore par suite de la décomposition du complexe stannique coloré. Après lavages convenables de la solution sulfocarbonique, on ajoute une molécule-gramme de diéthylaniline, on chasse le sulfure, et l'on chauffe pendant quelques heures à 180°. Le produit de la réaction est ensuite lavé à l'eau acidulée, séché sur SO^4Na^2 et rectifié.

On obtient ainsi environ 60^g de cétone pure, soit un rendement de 50 pour 100.

Cette méthode générale de synthèse des cétones non saturées me paraît avoir un grand intérêt. Les carbures éthyléniques sont, en effet, des matières premières faciles à se procurer.

D'autre part, les cétones non saturées se prêtent à un grand nombre d'autres réactions de synthèse.

Nous devons rappeler que M. Kondakoff (1), en condensant le chlorure d'acétyle sur l'isobutylène et le triméthyléthylène, en présence de $ZnCl^2$, a déjà observé une addition du genre de celle que nous venons d'étudier, et a obtenu l'oxyde de mésityle, et son homologue monométhylé.

D'autre part, M. Blanc (2), en traitant l'isolauronolène par le chlorure d'acétyle en présence de $AlCl^3$, a réussi à préparer la cétone correspondante. Les rendements étaient médiocres, sans doute à cause du mode opératoire. M. Blanc n'a pas expliqué cette réaction par fixation du chlorure d'acide sur la double liaison, mais l'a considéré comme une application de la méthode de Friedel et Crafts.

Ces deux travaux ne font que confirmer la généralité de ma réaction dont ils sont des cas particuliers.

---

(1) *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. VII, p. 576.

(2) *Ibid.*, t. XIX, p. 699.

Il me semble également que la réaction de Friedel et Crafts peut s'expliquer en admettant la formation des mêmes produits d'addition chlorés qui, dans la série aromatique, se décomposent spontanément par une simple élévation de température.

Une suite de longues recherches entreprises avec la collaboration de M. Rost, m'ont permis de préparer à l'aide de cette réaction un grand nombre de cétones nouvelles, tant dans la série grasse que dans la série hydroaromatique.

Nous avons également réussi à condenser des halogénures alcooliques sur un certain nombre de corps à fonction éthylénique.

Nous demandons qu'on veuille nous accorder le temps nécessaire pour parfaire cette découverte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la coagulation de la matière amylacée par congélation.* Note de M. G. **Malfitano** et Mlle A. **Moschkoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Si l'on congèle en un glaçon compact une solution colloïdale de fécule de pomme de terre, après fusion, la plus grande partie de la matière amylacée forme un coagulum filamenteux au sein d'un liquide parfaitement limpide, qui se colore en bleu par l'iode.

En opérant avec des liqueurs qui ne contiennent pas plus de 20^g^ par litre et qui, ayant été suffisamment chauffées, sont devenues très stables et tout à fait homogènes à la lumière, la séparation est on ne peut plus nette. Dans le liquide retiré par centrifugation ou par filtration, on trouve aux dosages une faible proportion de la matière amylacée, et presque en entier les cendres, apportées avec la fécule.

Le coagulum, séparé du liquide et divisé de nouveau par chauffage dans de l'eau très pure, donne une liqueur où, après congélation, presque toute la matière amylacée est coagulée, et le liquide n'en contient que des traces accompagnées des matières minérales dont la quantité est nécessairement très faible.

En répétant ces manipulations, on élimine de plus en plus les matières minérales, et la matière amylacée ne forme alors que des solutions colloïdales fort hétérogènes, même à chaud, et qui donnent un sédiment en se refroidissant. Dans ce cas, après congélation, le liquide ne contient presque rien, et ne donne avec l'iode qu'une très légère coloration rose.

Il n'y a qu'à ajouter alors des électrolytes quelconques pour voir que la quantité de matière, qui après congélation reste en solution colloïdale, dépend étroitement de la nature et de la teneur des électrolytes présents.

Comme il fallait s'y attendre, l'addition de petites doses d'acides forts et de bases fait réapparaître dans le liquide la réaction bleue avec l'iode. A des doses plus grandes, qui sont d'ailleurs variables avec la teneur en fécule, et selon la température à laquelle le mélange a été exposé, rien ne sépare plus par la congélation.

Les électrolytes moins forts, et parmi eux les sels neutres aussi, agissent plus faiblement, mais dans le même sens.

Le fait de la coagulation de l'amidon par congélation avait été découvert par Vogler (1), nous l'avons retrouvé en répétant les expériences de MM. Maquenne et Roux sur la rétrogradation dans les empois, qui n'est en somme qu'une séparation analogue.

Les faits que nous apportons concernant la distribution des matières organiques et des électrolytes entre le coagulum et la solution colloïdale montrent que la congélation de ces liqueurs diluées est le procédé de choix pour purifier la matière amylacée (2); les manipulations, en effet, peuvent être ainsi menées comme lorsqu'on opère par cristallisation.

Ce procédé présente de plus un grand intérêt au point de vue théorique, car il permet de démontrer ce que l'un de nous avait déjà avancé (3), à savoir qu'on doit considérer la matière amylacée comme un corps insoluble, qui forme des solutions colloïdales en s'associant avec des électrolytes.

Tout se passe comme si la fécule se divisait pendant le chauffage grâce à la dissociation des électrolytes présents, voire même de l'eau; ensuite, lorsque la température baisse, l'ionisation diminue; ce sont alors les micelles qui gardent la charge électrique qui peuvent se maintenir dispersées dans le liquide d'une manière stable et réversible; les micelles qui sont revenues à l'état électriquement neutre devraient se déposer, mais elles y mettraient un temps d'autant plus long qu'elles sont plus petites, et que le liquide est plus visqueux; pendant la formation de la glace, ces micelles inertes étant comprimées et collées les unes aux autres formeraient des coagulums qui ne se diviseraient plus après fusion.

---

(1) Wagner, *Die Stärkefabrication*. Braunschweig, 1886.

(2) J'entends par *matière amylacée pure* la matière organique de composition $C^6H^{10}O^5$, que nous savons depuis les belles recherches de M. Maquenne se transformer intégralement en maltose.

(3) Malfitano. *Les matières amylacées étudiées à l'aide de nos connaissances sur l'état colloïdal* (*Comptes rendus*, 3 sept. 1906).

BOTANIQUE. — *Recherches sur l'influence spécifique réciproque du sujet et du greffon chez la Vigne.* Note de M. **L. Ravaz**, présentée par M. Prillieux.

La reconstitution du vignoble par le greffage met de plus en plus en évidence ce fait important : que les vignes greffées donnent les mêmes produits que les vignes non greffées. Les particularités indiquées, notamment par M. Daniel, comme étant la conséquence de la greffe, se retrouvent aussi fréquemment chez les vignes franches de pied. Elles sont le plus ordinairement sous la dépendance des pratiques culturales, et l'expérimentateur ou le vigneron peut les produire à volonté : telles les modifications dans l'allure de la végétation, dans la couleur et la nervation des feuilles, dans la structure anatomique, la couleur, la grosseur et la saveur du raisin et de ses grains; dans la composition chimique et la qualité du vin.

J'ai tenu cependant à m'assurer si, en plaçant greffon et sujet dans les meilleures conditions pour qu'ils puissent réagir l'un sur l'autre, on n'obtiendrait pas des modifications importantes et durables.

A cette fin, j'ai greffé :

1° Un cépage à saveur foxée (le Concord) sur un cépage à saveur neutre (Aramon), puis j'ai enlevé, dès leur apparition, les feuilles du sujet, ainsi que les grappes du greffon. Les raisins du sujet ont été ainsi exclusivement alimentés par les feuilles du greffon. L'expérience dure depuis 7 ans; et chaque année les fruits de l'Aramon sujet sont identiques à ceux de l'Aramon franc de pied dans la forme, la couleur et la saveur. *La saveur foxée du greffon n'est point passée dans le sujet.*

2° Des variétés à raisins blancs : *Melon*, *Chardonnay*, sur des variétés de gamay à raisins très colorés : *Teinturiers;* et comme dans l'expérience précédente, les raisins teinturiers sujets ont été exclusivement alimentés par les feuilles des variétés greffons à fruits blancs. Ici encore, chaque année, *bien que les feuilles des greffons ne produisent pas de matière colorante, les raisins sujets se sont colorés et ont pris les caractères des teinturiers.*

Il me paraît difficile de réaliser des conditions plus favorables à la manifestation de l'influence *spécifique* réciproque du sujet et du greffon; et cependant les résultats que je viens d'indiquer ne la mettent point en évidence.

Ces expériences ont une autre portée. On admet encore généralement que la matière colorante et les parfums prennent naissance dans les feuilles d'où ils passent dans le fruit. Il n'en est rien : le fruit, quelle que soit la nature des feuilles qui le nourrissent, élabore lui-même la matière colorante et les parfums qu'il renferme.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le développement d'une plante bulbeuse : variations des poids de l'azote et des matières minérales.* Note de M. G. ANDRÉ, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. 150, p. 545), j'ai montré quelles étaient les variations du poids de la matière sèche, tant de la partie souterraine que de la partie aérienne d'une plante bulbeuse (oignon commun) au cours de l'évolution de laquelle le bulbe augmentait de poids. Je donne dans la présente Note quelques indications complémentaires à ce sujet et je me propose de suivre les variations de poids des éléments minéraux en particulier, ainsi que celles de l'azote total. Voici le Tableau des expériences; j'y désigne par P. A. la partie aérienne de la plante, par P. S. la partie souterraine.

Dans 100 oignons ou dans 100 plantes séchés à 110°.		Matière sèche moins les cendres.	Cendres totales.	Azote total.	PO^4H^3.	CaO.	MgO.	K^2O.
Etat initial.								
13 avril, 100 oignons..		136g,9812	10g,1048	3g,8230	2g,4995	0g,9705	0g,2940	4g,1615
1re prise, 27 mai.	P. A.	271,7690	40,7310	11,6100	5,1110	6,8145	1,1670	15,0490
	P. S.	110,0710	17,4290	2,3075	2,0525	2,5370	0,4335	4,4750
2e prise, 24 juin.	P. A.	777,2023	83,6777	22,8317	12,8221	14,1201	2,4085	28,4910
	P. S.	441,2711	33,4689	8,4473	7,5928	5,8400	0,8535	11,1072
3e prise, 26 juil. (floraison).	P. A.	965,5956	98,8944	25,3292	16,8125	14,7983	2,7784	31,9305
	P. S.	529,8040	46,4460	12,0717	10,0778	6,7429	1,1409	15,3264
4e prise, 3 septem. (fructification).	P. A.	885,9678	108,8022	26,3547	17,9147	17,1496	2,4883	35,1386
	P. S.	473,2688	44,1912	12,8008	10,0887	6,7644	1,1896	14,9023

I. On voit qu'à la première prise d'échantillon (27 mai 1909), il y a diminution du poids absolu de la matière sèche des organes souterrains (voir le Tableau de ma Note précédente), comme si une certaine quantité des réserves organiques de l'oignon s'était dirigée vers la partie aérienne de la plante ou avait disparu partiellement par combustion respiratoire. Le poids de la matière organique seule des oignons primitifs (136g,9812) s'est abaissé à 110g,0710, soit une diminution de 19,65 pour 100, alors que la matière minérale, au contraire, passe de 10g,1048 dans les oignons initiaux à 17g,429. Mais cette dernière augmentation ne porte que sur la chaux, la magnésie, la silice et très peu sur la potasse : l'acide phosphorique et l'azote ayant diminué dans des proportions sensibles, l'azote de 39,6 pour 100 du taux initial, l'acide phosphorique de 17,9.

Cette première période est une *période germinative*, car les organes aériens bénéficient d'une certaine quantité des éléments organiques et minéraux que renfermaient les organes souterrains. Si, pendant cette première période, la portion aérienne de la plante s'est accrue partiellement aux dépens de la portion souterraine, elle a néanmoins emprunté la majeure partie de ses éléments organiques et minéraux à l'atmosphère et au sol. En effet, la matière sèche de cette portion aérienne, cendres déduites, a doublé de poids ($136^g,9812$ chez les oignons initiaux, $271^g,7690$ chez la partie aérienne au 27 mai). Dans cette augmentation de poids, on ne peut estimer exactement la quantité de matière que les organes aériens ont empruntée aux organes souterrains dont le poids a diminué, comme je l'ai dit plus haut, de 19,65 pour 100, car la respiration a fait disparaître, dans une mesure impossible à définir, une partie de la matière organique.

Quelle est la part qui revient à l'azote dans l'accroissement du poids de la partie aérienne? Sur les $11^g,6100$ d'azote qu'elle contient, un poids de $1^g,5155$ provient de la partie souterraine ($3^g,8230 - 2^g,3075$), soit donc 13 pour 100 seulement; le reste lui a été fourni par le sol. L'acide phosphorique cédé par les organes souterrains à la partie aérienne s'élève à $2^g,4995 - 2^g,0525 = 0^g,4470$. Cette partie aérienne, contenant $5^g,1110$ d'acide phosphorique, n'a donc soustrait à la partie souterraine que 8,7 pour 100 de son acide phosphorique, le reste vient du sol.

II. Au delà de cette première période, la plante fonctionne comme une plante ordinaire. L'augmentation du poids porte sur tous les éléments à la fois et le système aérien envoie aux bulbes des quantités croissantes, tant de matières minérales que de matières organiques. Il existe dans la partie souterraine un rapport sensiblement constant entre l'emmagasinement de l'azote et celui de l'acide phosphorique d'une part, de la chaux et de la magnésie d'autre part.

Si, en effet, on divise d'un côté le poids d'azote contenu dans 100 bulbes par 28, poids moléculaire de l'azote et de l'autre le poids d'acide phosphorique contenu dans 100 bulbes par 98, poids moléculaire de cet acide, et si l'on prend ensuite le rapport des deux nombres ainsi obtenus, on trouve successivement, aux quatre périodes d'observation, les chiffres suivants : 4,1; 3,9; 4,2; 4,4. Ces chiffres, peu éloignés les uns des autres, montrent, une fois de plus, la corrélation intime qui existe entre l'azote et le phosphore dans la genèse des éléments nucléiques et des phosphatides.

Qu'on divise maintenant le poids de la chaux contenu dans 100 bulbes par 56, poids moléculaire de la chaux, et le poids de magnésie contenu de même dans 100 bulbes

par 40, poids moléculaire de la magnésie, et qu'on prenne le rapport des deux nombres ainsi obtenus, on trouve, aux quatre périodes d'observation, les chiffres suivants : 4,1 ; 4,9; 4,2; 4,1. Or, les proportions respectives de chaux et de magnésie contenues dans le sol ont, vis-à-vis de la végétation, une influence notable, d'après les travaux de Lœw et de ses élèves. On peut donc s'attendre à rencontrer chez la plante une relation du même ordre, au moins dans certains cas.

III. On voit donc, en résumé, dans le cas particulier de migration que j'ai étudié, le bulbe initial concourir faiblement à la nutrition minérale et organique de la partie aérienne de la plante. A l'époque du premier prélèvement (27 mai), l'azote et l'acide phosphorique ont partiellement émigré du bulbe vers la partie aérienne. Il est certain que si ce premier prélèvement avait été effectué à une date plus rapprochée de celle de la plantation, on aurait vraisemblablement constaté des pertes d'azote et d'acide phosphorique plus grandes du côté des bulbes. Le 27 mai, ces pertes étaient déjà compensées en partie par un gain de matière venant du sol. Au delà de cette première période, on assiste à un accroissement régulier de tous les éléments salins, tant dans les organes aériens que dans les organes souterrains de la plante. Ces derniers reçoivent directement du sol les matières minérales, mais celles-ci montent en grande partie d'abord dans les organes aériens où elles subissent une élaboration, puis redescendent dans le bulbe.

Cependant, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, ce mouvement de migration de haut en bas cesse à peu près complètement pour tous les éléments fixes, ainsi que pour l'azote, sitôt après la floraison. A ce moment de l'évolution du végétal, le mouvement principal de migration emporte vers les graines les éléments minéraux et organiques maintenus en réserve dans la tige : aussi la nutrition du bulbe s'arrête-t-elle complètement. Dans le cas actuel, cette augmentation continue de la matière minérale dans les bulbes d'oignon différencie la végétation de cette plante de celle de la carotte porte-graine chez laquelle M. N.-T. Déléano [1] a observé le fait curieux suivant : les sels minéraux venant du sol traversent la racine sans en changer la concentration saline ; cette racine, dans la deuxième période de la végétation, ne semble servir que de régulateur.

Je me réserve de revenir sur la question de la nutrition des bulbes et d'examiner, entre autres choses, la transformation des matières ternaires au cours de leur évolution.

---

[1] *Université de Genève : Institut botanique*, 8e série, fasc. II, 1908.

CHIMIE AGRICOLE. — *Dosage de la potasse assimilable dans les sols.* Note [1] de M. **Biéler-Chatelan**, présentée par M. Chauveau.

Comme de multiples expériences culturales l'ont prouvé, les acides minéraux, plus ou moins concentrés, employés couramment dans l'analyse des terres, dissolvent des quantités de principes fertilisants hors de proportion avec les besoins réels des plantes. Ce procédé d'attaque n'est donc guère susceptible de mesurer ce qui est assimilable. L'emploi d'acides très dilués (azotique ou citrique) donne certainement de meilleures indications, néanmoins pas toujours conformes aux résultats de l'expérience agricole.

Étant donné que les racines puisent, sinon la totalité, du moins la plus grande partie de leur nourriture minérale dans les dissolutions très étendues qui imprègnent le sol, comme M. Schlœsing fils l'a fort bien montré pour des plantes de maïs, il serait plus rationnel de considérer comme assimilables, avant tout, les principes solubles dans l'eau et d'employer celle-ci comme dissolvant. Nous avons voulu nous rendre compte jusqu'à quel point ce mode d'extraction, déjà employé en 1852 par Verdeil et Risler et préconisé depuis successivement par M. Schlœsing fils et par M. A. Mitscherlich (Königsberg), est capable de renseigner pratiquement sur les besoins du sol en tels ou tels principes fertilisants. A cet effet nous avons analysé les terres d'un certain nombre de prairies naturelles, où la Station agronomique fédérale de Lausanne (Suisse) avait expérimenté l'action des engrais phosphatés et potassiques.

D'une part, nous y avons dosé la potasse soluble dans l'acide chlorhydrique concentré froid après 48 heures de contact (procédé Petermann); d'autre part, la potasse soluble dans l'eau saturée de gaz carbonique aux température et pression ordinaires, soit par agitation, soit par déplacement; puis nous avons comparé les résultats de l'analyse avec les chiffres exprimant l'influence de l'engrais potassique sur les rendements en fourrage sec à l'hectare.

1° *Procédé par agitation.* — Un poids de terre fine correspondant à 30^g de terre sèche était soumis à l'agitation continue dans 500^{cm^3} d'eau carbonique pendant 10 heures consécutives. Du liquide filtré, on prélevait $400^{cm^3} = 24^g$ de terre qu'on évaporait à sec dans une capsule de platine (la

(1) Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

porcelaine ou le verre, cédant à l'eau des alcalis, doivent être proscrits). Après calcination modérée, extraction par l'acide chlorhydrique, transformation des sulfates en chlorures et insolubilisation de la silice, le résidu sec pouvait servir immédiatement au dosage de la potasse sous forme de noir de platine (en réduisant le choroplatinate par l'acide formique).

2° *Procédé par déplacement ou lessivage continu.* — Plus conforme à ce qui se passe en réalité dans le sol en place après de fortes pluies. Un poids de terre fine correspondant à 100^g de terre sèche était tassé dans une allonge maintenue verticale et bouchée au bas par un tampon de ouate bien pressée faisant l'office de filtre. La terre était maintenue en place par un autre tampon de ouate placé dessus, puis on y versait l'eau carbonique par petites portions jusqu'à ce qu'on obtînt, dans le flacon placé sous l'allonge, un volume de solution claire égal à 1200^{cm^3} (volume proportionnel à la quantité d'eau tombée à Lausanne pendant la période de végétation annuelle). Pour le dosage de la potasse, on prélevait $300^{cm^3} = 25^g$ de terre, qu'on évaporait et traitait comme ci-dessus.

Voici maintenant les résultats de l'analyse, comparés à l'influence produite par l'engrais potassique sur les rendements :

I. Localités.	II. Nature du sol.	III. — Influence de la potasse sur les rendements.	IV. — Potasse soluble dans l'acide chlorhydrique.	V. — Potasse soluble eau carb., déplacement.	VI. — Potasse soluble eau carb., agitation (²).
		pour 100	pour 1000	pour 1000	
Bière.....	Argilo-siliceux humifère	+34	0,36	0,090	0,06
Palézieux.....	Argileux	+31	0,72	0,104	0,09
Val-d'Illiez.....	Argileux	+25	0,72	0,110	0,08
Ollon.....	Argilo-calcaire humifère	+23	»	0,112	»
Savigny.....	Silico-argileux	+20	0,73	0,112	0,08
Baulmes.....	Argilo-siliceux	+18	1,14	0,153	0,09
Collombey (¹)..	Limoneux silico-calcaire	+11	0,73	0,170	0,06
Novalles.....	Argilo-siliceux	+ 3	1,14	0,216	0,15
Rarogne.....	Limoneux humifère	— 2	2,3	0,309	0,23
Allaman.....	Argilo-calcaire	— 3	»	0,216	»
Longeville.....	Argilo-siliceux	— 3,6	1,08	0,290	0,24
Serix.....	Argilo-siliceux	— 6	2,1	0,400	0,29

(¹) Sol riche en micas potassiques (15 à 20 pour 100).

(²) Les chiffres de la série VI, plus faibles que ceux de la série V, s'expliquent par le fait que la terre, agitée dans l'eau carbonique, forme en premier lieu du bicarbo-

Comme on pouvait s'y attendre, il n'y a guère de proportionnalité entre les doses de potasse soluble HCl et les chiffres qui expriment l'effet de la fumure potassique. Ainsi la terre de Baulmes, où l'engrais potassique a manifestement agi, se trouve être plus riche en potasse soluble HCl (1,14 pour 1000) que la terre de Longeville où son effet est négatif (1,08 pour 1000). En revanche les doses de potasse soluble dans l'eau carbonique forment des séries croissantes, V et VI, sensiblement inverses de la série décroissante III. Autrement dit, plus la dose de potasse soluble dans l'eau augmente, moins l'effet de l'engrais potassique est sensible.

Au point de vue de l'exécution, c'est le procédé par agitation qui est le plus expéditif. Sans être aussi précis que l'autre, il indiquerait néammoins déjà suffisamment si une terre a besoin ou non d'engrais potassique. Le procédé par déplacement, plus lent, est en revanche plus précis et surtout il imite mieux celui de la nature.

De ces recherches, quant aux sols de prairies naturelles, il semble légitime de tirer les conclusions suivantes :

1° Mieux que les procédés d'attaque par les acides, concentrés ou dilués, en moins de temps et avec moins de peine, l'extraction des terres par l'eau carbonique donnerait une mesure de la potasse assimilable du sol sensiblement conforme aux données de l'expérience culturale (1).

2° Sauf cas exceptionnels (2), dans les terres de prairies naturelles qui dosent moins de 0,15 pour 1000 K^2O sol. eau carbonique par agitation ou moins de 0,20 pour 1000 par déplacement, on peut s'attendre à un effet sensible de l'engrais potassique répandu en plus de l'engrais phosphaté nécessaire. Dans les terres plus riches, les fumures potassiques produiraient peu d'effet, du moins tant qu'on n'épuise pas la réserve de potasse assimilable par des fumures incomplètes.

3° Les terres plus ou moins calcaires livrent proportionnellement un peu moins de potasse à l'eau carbonique que les sols non calcaires.

4° Contrairement à une opinion courante, ce ne sont pas toujours les

---

nate de chaux qui établit bientôt l'équilibre de saturation et contrarie ainsi la dissolution de la potasse. Il est bien entendu qu'il faut opérer une série d'extractions successives pour épuiser le stock de potasse soluble. Nous nous bornons à une seule pour des raisons pratiques.

(1) Nous avons également obtenu ainsi des dosages d'acide phosphorique en harmonie avec l'effet des engrais phosphatés.

(2) Terres riches en micas potassiques; terres fortement calcaires, sols placés dans des conditions anormales d'aération et de drainage.

terres argileuses qui sont le mieux pourvues de potasse. Certaines terres légères se montrent parfois plus riches. Ainsi les terres fortes de Palézieux, Val-d'Illiez, Savigny et Baulmes se montrent reconnaissantes de la fumure potassique qui, sur la terre légère de Rarogne, n'a produit aucun effet.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale des combustions intra-organiques chez les animaux respirant de l'air progressivement appauvri en oxygène et des procédés de défense naturels de l'organisme contre l'anoxyhémie.* Note de M. **J. Tissot**, présentée par M. A. Chauveau.

J'ai indiqué, dans des Notes antérieures, les résultats que j'ai obtenus en étudiant les effets de la diminution de tension de l'oxygène de l'air sur l'organisme animal, à la pression barométrique normale. J'avais effectué mes expériences en faisant respirer à des animaux des mélanges d'oxygène et d'azote comprimés à 150^{kg} et contenant 8 à 20,9 pour 100 d'oxygène. N'ayant pu me procurer ces mélanges avec une proportion d'oxygène convenable et inférieure à 8 pour 100, j'ai continué mes expériences en faisant respirer trois fois de suite, à mes animaux, un mélange gazeux contenant au début 7,9 pour 100 d'oxygène. Ce mélange en pénétrant pour la deuxième fois dans le poumon ne contenait plus que 5,5 pour 100 environ d'oxygène, et la troisième fois 4 pour 100. L'acide carbonique exhalé qui s'accumule dans le mélange n'apporte aucun trouble aux expériences, car les résultats numériques qui suivent montrent que le sang artériel contient moins d'acide carbonique qu'à l'état normal, grâce à l'effet habituel d'un accroissement notable de la ventilation pulmonaire.

Dispositif expérimental. — Le mélange gazeux à expérimenter et que l'animal inspire est enfermé dans un gazomètre à compensation automatique d'une extrême sensibilité.

L'animal refoule ce mélange, à l'expiration, dans un deuxième gazomètre de même capacité et également sensible. La pression de l'air soit à l'inspiration, soit à l'expiration conserve la valeur qu'elle possède dans les conditions de la respiration normale. Le passage des gaz du premier spiromètre dans le poumon et du poumon dans le deuxième spiromètre s'effectue par l'intermédiaire d'un système de soupapes inspiratrice et expiratrice adapté à un masque étanche qui se fixe sur le museau de l'animal et ne modifie pas les conditions normales de la respiration. La valeur des combustions intraorganiques a été appréciée par une double analyse de l'air inspiré et de l'air expiré avec mesure du débit respiratoire. Il a été fait chaque fois, au même instant, un prélèvement pour une analyse des gaz du sang veineux et du sang artériel. Voici,

comme exemple, les résultats obtenus dans une expérience effectuée sur un chien de 23^{kg} :

Mesure de la valeur des combustions respiratoires.

Composition du mélange inhalé (pour 100).	Pression barométrique (1).	Altitude (1).	Débit respiratoire.	Oxygène consommé par minute.	Acide carbonique exhalé par minute.
	mm	m	l	cm³	cm³
Air ordinaire.....	760	0	4,08	129,4	103,9
Oxygène 7,9; azote 92,1...	291	7680	8,48	158	174
Oxygène 5,59; azote 91,68; acide carbonique 2,73...	204	10521	11,77	162	130
Oxygène 4,11; azote 91,75; acide carbonique 4,14...	149	13034	15,95	121	117

Gaz contenus dans 100^{cm^3} *de sang artériel et de sang veineux.*

	Air ordinaire		Mélange à 7,9 pour 100 d'oxygène.		Mélange à 5,59 pour 100 d'oxygène.		Mélange à 4,11 pour 100 d'oxygène.	
	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang artériel.	Sang veineux.
Volume total de gaz.....	76,08	75,25	58,76	59,55	56,58	55,21	54,11	54,65
Acide carbonique.	52,11	56,56	45,22	50,83	45,94	48,62	44,60	48,90
Oxygène.....	21,81	16,52	11,85	7,11	8,65	4,58	7,72	3,95
Azote.....	2,16	2,17	1,69	1,61	1,99	2,01	1,79	1,80

Ces résultats permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Lorsque la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 4 pour 100, la ventilation pulmonaire tend à compenser cette diminution par un accroissement à peu près proportionnel du débit respiratoire. La proportion d'oxygène contenu dans l'air inspiré étant 5 fois moindre (4 pour 100 au lieu de 20,9 pour 100) le débit respiratoire devient à peu près 5 fois plus considérable ($17^l,5$ par minute au lieu de $3^l,6$, débit normal pour une moyenne de deux expériences).

2° Lorsque la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 5,5 pour 100 la quantité totale d'oxygène consommée par l'organisme s'accroît progressivement par suite d'une augmentation du travail physiologique et notamment d'une augmentation du travail des muscles respiratoires. Dès que la proportion d'oxygène décroît au delà de 5,5 pour 100, la consomma-

(1) Altitude et pression barométrique pour lesquelles la tension de l'oxygène de l'air atmosphérique est la même que dans les mélanges gazeux inhalés.

tion d'oxygène cesse de croître, puis s'abaisse rapidement, les moyens de défense naturels contre l'anoxyhémie devenant impuissants à combattre l'insuffisance de l'apport d'oxygène aux tissus.

3° Le besoin supplémentaire d'oxygène, créé par l'augmentation du travail physiologique, paraît être à peu près satisfait tant que la proportion d'oxygène de l'air inspiré ne s'abaisse pas au-dessous de 8 pour 100 à 9 pour 100 environ, c'est-à-dire tant que la tension de ce gaz ne s'abaisse pas au-dessous de celle qu'il possède à l'altitude de 7000^{m} ou 7500^{m}. Si elle s'abaisse au-dessous de cette valeur, l'accroissement du travail des muscles respiratoires n'est plus accompagné d'un accroissement suffisant de la quantité totale d'oxygène consommée. Donc, dès ce moment l'organisme est en déficit d'oxygène. Ce déficit s'accroît progressivement; sa progression est très rapide dès que la proportion d'oxygène de l'air inspiré tombe au-dessous de 5,5 pour 100 à 6 pour 100.

4° La comparaison des proportions des gaz contenues dans le sang veineux et le sang artériel montre que le système circulatoire intervient pour compenser les effets de la diminution de la proportion d'oxygène dans le sang artériel. L'écart entre les proportions d'oxygène du sang artériel et du sang veineux qui est de $5^{cm^3},6$ pour 100^{cm^3} de sang, par exemple, à l'état normal, diminue jusqu'à $3^{cm^3},8$ à mesure que la proportion d'oxygène de l'air inspiré décroît jusqu'à 4 pour 100. L'accroissement de la consommation totale d'oxygène de l'organisme, à mesure que la proportion d'oxygène de l'air diminue, démontre qu'il se produit une accélération corrélative de la circulation du sang résultant très probablement et au moins en partie, d'une augmentation du travail du cœur. Il y a donc là un deuxième moyen de défense de l'organisme contre l'anoxyhémie, entraînant une augmentation du travail physiologique et de la consommation d'oxygène.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des glandes génitales sur la glycogénie.* Note de M. F. **Maignon**, présentée par M. A. Chauveau.

Dans des recherches antérieures, effectuées sur le chien, nous avons montré que le glycogène musculaire subit des variations quantitatives importantes aux différentes époques de l'année. Les courbes de cinq années consécutives, donnant les variations mensuelles du glycogène dans les muscles biceps fémoraux du chien, ont toutes la même allure générale : elles

présentent un premier maximum au printemps (mars), un second moins important à l'automne (novembre) et un minimum au moment des fortes chaleurs (juillet, août).

Des recherches semblables effectuées en 1908 et 1909 sur des cobayes, des pigeons et des carpes, nous ont donné des résultats analogues; chez tous ces animaux, il se produit une poussée glycogénique importante au printemps.

Dans ces dernières expériences, nous avons établi des courbes de variations distinctes pour les mâles et les femelles, et constaté *que, chez le cobaye et la carpe, les muscles des mâles sont constamment plus riches en glycogène que les muscles des femelles.* L'écart existant s'accentue au moment des poussées glycogéniques du printemps et de l'automne, les mâles paraissent donc plus fortement influencés par les saisons que les femelles.

Dans des recherches plus récentes, nous nous sommes proposé d'étudier le mécanisme de ces influences saisonnières. Il ne saurait être question de *température*, car des cobayes maintenus en hiver dans une couveuse à 25° ou 30°, pendant trois semaines, renfermaient dans leurs muscles autant de glycogène, si ce n'est plus, que les animaux témoins.

Nous avons vu précédemment que, chez le cobaye et la carpe, le sexe influençait la glycogénie; nous savons d'autre part que l'activité des glandes génitales est très variable aux diverses époques de l'année, et il est à remarquer que c'est précisément au printemps, au moment de la suractivité de ces glandes, que l'on observe la poussée glycogénique la plus importante, au point que nous nous sommes demandé si l'influence des saisons sur la glycogénie ne s'exercerait pas par l'intermédiaire des testicules et des ovaires.

Ainsi, nous avons été amené à étudier de plus près l'influence des glandes génitales sur cette fonction.

Dans ces expériences, qui ont porté sur le cobaye, nous avons eu recours à la castration et aux injections de suc testiculaire.

a. Effets de la castration. — Nous donnons ci-après les moyennes de plusieurs expériences :

		Glycogène contenu dans 20g de muscle.
		mg
I.	Cobayes mâles non castrés	165
	Cobayes mâles castrés	142
	Cobayes femelles castrées	142
II.	Cobayes femelles non castrées	132
	Cobayes femelles castrées	130

Il résulte de ces expériences *que la castration opérée sur des cobayes mâles*

a pour effet d'abaisser, d'une manière très sensible, la teneur des muscles en glycogène, et de niveler ainsi l'écart existant entre les deux sexes. Chez les femelles, le glycogène musculaire ne semble pas sensiblement influencé par cette opération.

b. Effets des injections de suc testiculaire. — Ayant constaté les effets de la castration sur la glycogénie, nous nous sommes demandé quels seraient ceux de l'opération inverse : l'injection de suc testiculaire.

Préparation du suc testiculaire. — Les deux testicules d'un cobaye, prélevés dans des conditions aussi aseptiques que possible, sont découpés en menus fragments dans 10^{cm^3} de glycérine neutre stérilisée. Après 24 heures de contact on décante et l'on étend d'un volume égal d'eau distillée stérilisée.

Injection. — Nous avons injecté, sous la peau de la face interne de chaque cuisse, 1^{cm^3} du mélange précédent. Ces injections étaient faites deux jours consécutifs vers 8^h du matin et l'animal sacrifié pour le dosage, le deuxième jour vers 2^h.

Nous donnons, dans le Tableau suivant, les moyennes des diverses expériences, portant chacune sur plusieurs animaux :

	Glycogène contenu dans 20^g de muscle.			
	III.	IV.	V.	VI.
Cobayes mâles injectés	236^{mg}	214^{mg}	208^{mg}	196^{mg}
Cobayes mâles témoins	207^{mg}	128^{mg}	187^{mg}	165^{mg}
	VII.	VIII.		
Cobayes femelles injectées.....	159^{mg}	124^{mg}		
Cobayes femelles témoins.....	161^{mg}	132^{mg}		

Il résulte de ces expériences que *les injections de suc testiculaire déterminent chez les cobayes mâles une augmentation notable du glycogène musculaire, tandis que les femelles ne sont pas influencées.*

La poussée glycogénique consécutive aux injections est immédiate, elle se fait sentir dès le lendemain, mais elle n'est pas persistante; chez des cobayes tués 6 jours après la dernière injection, le glycogène musculaire était déjà revenu à son taux normal, il n'existait plus de différence avec les témoins.

Ces mêmes injections effectuées sur des cobayes mâles castrés, ne produisent aucune modification du glycogène musculaire ; la poussée obtenue chez les non castrés est donc le résultat d'une stimulation de l'activité testiculaire produite par l'injection.

Il résulte de toutes ces expériences que les glandes génitales influencent manifestement la glycogénie.

Il faut nous demander maintenant, si les saisons n'influencent pas d'une manière directe, la nutrition des tissus, en dehors de l'action qui s'exerce par l'intermédiaire des glandes génitales. Dans ce but, nous avons recherché si, chez les cobayes castrés, la glycogénie est soumise à des variations saisonnières.

Le Tableau suivant nous donne les résultats de cette expérience :

	Glycogène contenu dans 20g de muscle.	
	Mâles non castrés.	Mâles castrés.
	mg	mg
Mars	159	123
Avril	154	121
Mai	189	173
Juin	166	131
Septembre	165	142

Nous voyons d'après ces résultats que les cobayes mâles castrés subissent encore une poussée glycogénique importante au mois de mai.

Les saisons exercent donc sur la glycogénie une double influence : une influence indirecte, par l'intermédiaire des glandes génitales, et une influence directe sur la nutrition des tissus. Le mécanisme de cette dernière, encore à déterminer, est probablement en rapport avec des phénomènes cosmiques sur la nature desquels il serait intéressant d'être fixé.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'audition et de son développement par les vibrations de la sirène à voyelles.* Note de M. **Ranjard**, présentée par M. Yves Delage.

L'emploi de la sirène à voyelles, inventée par M. Marage, ne constitue pas seulement la méthode la plus rapide et la plus sûre pour développer l'audition et mesurer l'acuité auditive, mais encore il permet, par l'analyse même de ses résultats, de déterminer expérimentalement un certain nombre de points de la physiologie du sens de l'ouïe.

Ma statistique personnelle, confirmant celle de M. Marage, donne une proportion moyenne de 75 succès sur 100 malades traités. Si nous éliminons *a priori* les 25 pour 100 d'échecs, c'est-à-dire les cas où le développement de l'audition est insuffisant pour être constaté pratiquement, nous pourrons diviser les résultats positifs obtenus de la façon suivante :

1° Un certain nombre des sourds traités avec succès (60 pour 100) acquièrent une

audition normale bilatérale (38 pour 100) ou unilatérale (22 pour 100), c'est-à-dire une audition sinon très fine, du moins leur permettant de suivre sans effort une conversation générale, une conférence, une pièce théâtrale, un concert. Quand leur infirmité date de quelques années et n'a pas été très prononcée, il est impossible, une fois le résultat acquis, de deviner qu'ils ont été sourds. Mais lorsqu'il s'agit d'hypoacousie très prononcée et ayant duré 10, 20 ans au plus, les individus traités, bien que n'étant plus sourds, gardent l'habitude de l'être. Cette habitude se traduit par des troubles de l'attention sous ses deux formes : il y a hypertrophie de l'attention spontanée mise en éveil constamment par les sons que le malade n'entendait plus et dont il ne sait plus évaluer et proportionner l'intensité et l'importance; c'est une sorte *d'éblouissement auditif* parfois gênant au début.

Il y a aussi atrophie de l'attention volontaire, le sourd ayant pris l'habitude de faire abstraction des sons qu'il entend mal.

Ces troubles disparaissent peu à peu.

2° Certains sourds arrivent à entendre bien la parole sans entendre beaucoup mieux qu'avant la musique et les bruits : pratiquement le résultat est très satisfaisant;

3° J'ai observé dans deux cas une amélioration de l'audition pour les voyelles seulement, les consonnes ne pouvant être distinguées;

4° 33 pour 100 de mes malades ont tiré un bénéfice pratique des exercices acoustiques sans arriver à la normale, certains ne conservant qu'une très légère dureté d'ouïe;

5° J'ai observé 4 sourds qui sont parvenus à entendre bien la voix, la musique et les bruits en tant que sons, sans comprendre le sens de la parole. Ces faits déjà décrits par M. Marage [1] sont le résultat d'une lésion du centre de la compréhension des mots. Cette surdité peut être uni- ou bilatérale, reliquat méningitique ou témoin d'une dégénérescence nerveuse à point de départ otique.

6° Enfin dans un cas de surdimutité congénitale, je n'ai pu développer que l'audition pour les bruits, à l'exclusion des deux autres.

Conclusions. — I. Considéré dans son ensemble, le sens de l'ouïe est un phénomène physio-psychologique qu'on peut diviser en plusieurs étapes ou phases :

1° Le son est recueilli par le pavillon et le conduit auditif externe (*appareil collecteur*).

2° La vibration sonore est transmise par le tympan, les osselets, la fenêtre ovale, les milieux labyrinthiques, la membrane de Corti (*appareil de transmission mécanique*) jusqu'aux

3° Cellules de Corti qui *l'enregistrent* en tant que modifications de pression, et dont

4° L'impression est transmise par le nerf auditif (*transmission nerveuse*) aux

5° Centres de *sensation* du son. Ces centres sont multiples et il en existe

---

[1] *Comptes rendus*, 22 février 1904, 6 et 13 novembre 1905.

probablement un pour chaque genre de son (voix, musique, bruit). Ce fait n'a pu être révélé par l'anatomie normale ou pathologique, mais semble prouvé par les observateurs précédents, qui confirment celles de M. Marage ([1]).

6° Ces centres sont en connexion avec d'autres plus élevés qui président à la compréhension de l'impression sonore reçue (*perception auditive*). Leur fonction est condition et dépendance de phénomènes psychologiques purs : attention, mémoire, etc.

II. Les vibrations de la sirène à voyelles ont une action accessoire sur l'appareil de transmission mécanique (massage vibratoire). Elles ont une action prépondérante sur la fonction des centres de la sensation auditive, qu'elles développent en totalité ou en partie, cette action étant prédominante sur l'audition correspondante (parole), ou sur l'audition la plus respectée en cas de lésions centrales. Il est impossible de déterminer quant à présent si cette action est le résultat de l'hypertrophie des cellules nerveuses soumises à un travail exagéré et répété, ou à l'accroissement numérique de ces éléments.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intraveineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications.* Note ([2]) de MM. **H. Dominici**, **G. Petit** et **A. Jaboin**, transmise par M. Bouchard.

Il résulte d'une Note du 18 mai 1908 ([3]), que le sulfate de radium, introduit dans l'organisme des animaux ou de l'homme, se fixe dans les tissus et y séjourne très longtemps, jusqu'à 1 an et demi et plus, d'après les constatations récentes ([4]) qui sont venues élargir les premières conclusions.

MM. Jaboin et Beaudoin ont, d'autre part, étudié le mode d'élimination du bromure de radium soluble, administré par la voie digestive ([5]), qui met 4 ou 5 jours à disparaître.

([1]) *Comptes rendus*, 12 octobre 1908.

([2]) Transmise dans la séance du 7 mars 1910.

([3]) Dominici et Faure-Beaulieu, *Comptes rendus*, 18 mai 1908.

([4]) Dominici et Faure-Beaulieu, *Société de Biologie*, séance du 8 janvier 1910.

([5]) Jaboin et Beaudoin, *Société de Pharmacie de Paris*, séance du 29 juillet 1908; *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1er janvier 1909.

Pour conférer à l'organisme une radioactivité durable, il convient de recourir de préférence, comme l'ont fait expérimentalement, chez le lapin, Dominici et Faure-Beaulieu, à un sel de radium insoluble, et d'utiliser la voie intraveineuse.

Nous nous sommes livrés à des expériences sur le cheval. Le 12 juillet 1909, nous avons injecté dans la veine jugulaire droite d'un cheval âgé, en bon état, *un milligramme (mille microgrammes) de sulfate de radium insoluble préparé* par Jaboin en application du procédé de Dominici et Faure-Beaulieu, et dilué dans environ 250^{cm^3} de sérum physiologique.

Cette injection, dans le sang, d'une dose relativement forte de radium a été supportée sans inconvénient par le cheval, qui n'a manifesté aucun malaise pendant et après l'expérience, ce qui est conforme à ce qu'on savait de *l'innocuité des injections intra-veineuses* des sels de radium insolubles, même à des doses relativement importantes. Bien plus, le radium semble avoir exercé une influence favorable sur la nutrition et l'état général de ce cheval, dont le poids s'est élevé du chiffre primitif de 380^{kg} à 410^{kg}.

Les analyses successives de l'urine, recueillie avec un urinal spécial, ne nous ont montré que des variations insignifiantes de la teneur en urée qui, de $18^g,07$ par litre au préalable s'est élevée à $20^g,4$ le 13 juillet, pour se maintenir à un chiffre voisin les jours suivants.

Mais le problème le plus intéressant était celui concernant la *radioactivité des excreta*, qui a été mesurée au moyen du quartz piézo-électrique de Curie.

L'émanation contenue dans l'urine, mesurée un jour après les prises, a donné respectivement les résultats suivants :

Date des prises...	13 juill.	15 juill.	31 juill.	26 août	2 sept.	3 oct.	1er déc.
Milligr. minutes.	2,8	2,1	1,8	1,6	0,9	0,5	0

Ces chiffres démontrent bien la présence d'émanation dans l'organisme, mais il fallait connaître la quantité de radium qui a pu s'éliminer.

Le premier litre de l'urine du 15 juillet a été scellé, puis ouvert le 25 janvier 1910; l'émanation produite était si considérable qu'il a été impossible de la mesurer; le 29 janvier nous avons recueilli l'émanation produite en un quart d'heure par ce litre d'urine, elle correspondait à un poids de $15^{\mu g},15$ de radium éliminé. L'émanation contenue dans l'urine du 2 septembre, scellée le 11 novembre, a été mesurée le 26 janvier; nous avons trouvé environ $0^{\mu g},033$ par litre, soit par jour $\frac{1}{5}$ de microgramme de radium éliminé. Le 1er décembre, de l'urine avait été encore recueillie; la recherche du radium a été négative, même après 15 jours de présence dans un vase clos.

Sang. — Le lendemain de l'injection, le 13 juillet, il a été prélevé 1 litre et demi de sang. Le sérum a été enfermé en vase clos; au bout de 7 jours, le 20 juillet, il a été reconnu actif.

Voici quelques mesures d'émanation du sang prélevé à des dates diverses :

Dates des prises de sang.	Temps écoulé de la prise à la mesure.	Milligrammes-minutes par litre.
	jours	
30 juillet	3	0,05
2 septembre	4	0,10
1er octobre	2	0,06

Des difficultés de transport et de manipulation ont pu faire disparaître une partie de l'émanation, de sorte que ces chiffres ne peuvent être donnés que comme démonstration de la radioactivité du sang. Mais il importait surtout de voir si le sang conservait encore sa radioactivité plusieurs mois après et, en ce cas, d'y déceler la présence du radium.

Le 29 novembre, 1 demi-litre de sang a été prélevé; la mesure de l'émanation a donné 24 heures après la saignée, au quartz de Curie, 50^s en 15 secondes, soit 0,332 mg : minute par litre, correspondant à $0^{\mu g},28$ par litre. Ce même sang, après avoir été enfermé en vase clos, a été mesuré le 27 décembre : il a donné 50^s en 16 secondes, chiffre du même ordre de grandeur que le précédent. Le 14 janvier 1910, une nouvelle prise d'un litre de sang n'a pas fait constater de radioactivité au premier examen, mais, 7 jours après, la mesure de l'émanation a donné 50^s en 22 secondes, correspondant à $0^{\mu g},17$ de radium.

Il résulte de ces expériences que l'injection de sel de radium insoluble a été suivie d'une décharge relativement abondante, mais passagère, de ce sel, après laquelle l'élimination est devenue remarquablement faible en suivant une progression décroissante, laissant une partie du sel fixée dans l'organisme. La radioactivité de cet organisme n'est pas encore disparue plus de 6 mois après l'injection. C'est la démonstration formelle de la radioactivité persistante du sang, partant de l'organisme tout entier, consécutive à l'injection intraveineuse de sulfate de radium insoluble.

Conclusion. — Une certaine quantité de sulfate de radium reste donc en circulation dans l'organisme de l'animal ayant servi de sujet d'expérience.

Ce sel de radium en circulation dégage de l'émanation qui diffuse dans le milieu sanguin et se laisse transporter dans toute l'économie. A cette source il convient d'ajouter l'émanation qui naît des particules fixées dans les différents tissus, poumons, foie, etc., qui en sont autant de foyers producteurs.

Il est logique de supposer que cette diffusion prolongée d'émanation est capable d'agir sur la constitution intime des tissus et d'en changer la physiologie. Ces transformations semblent peu accusées chez l'animal normal, mais elles sont susceptibles de modifier les tissus et liquides organiques, notamment le sérum, au point de conférer aux premiers une résistance et aux seconds des propriétés thérapeutiques spéciales.

CHIMIE-PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les microorganismes et sur différentes cellules. Étude microchimique.* Note de Mlle **Cernovodeanu** et M. **Victor Henri**, présentée par M. A. Dastre.

Les rayons ultraviolets exerçant une action bactéricide très intense, nous nous sommes demandé si par l'étude microscopique et par les réactions microchimiques on ne pouvait pas déceler des modifications produites dans les microorganismes par ces rayons.

Technique. — Les expériences ont été faites : 1° sur des émulsions aqueuses des microorganismes; 2° sur des préparations desséchées sur lame; 3° sur des préparations desséchées et fixées par la chaleur ou par l'alcool.

On recouvrait une moitié de la lame avec un carton noir ou un verre et l'autre moitié avec une lame en quartz et l'on exposait ainsi aux rayons ultraviolets émis par une lampe à arc de mercure. De cette façon on rendait les conditions d'aération, de température et de coloration absolument comparables pour les parties normales et celles qui avaient subi l'action des rayons.

Résultats. — 1° *Examen ultramicroscopique à l'état frais.* — En faisant agir les rayons sur des organismes assez gros, tels que des Paramécies et sur des globules blancs, et en étudiant l'aspect à l'ultramicroscope on voit nettement que le protoplasma après exposition aux rayons devient plus granuleux, il apparaît bien plus brillant à l'ultramicroscope. Un changement d'aspect absolument de même genre s'obtient sur l'albumine d'œuf et sur les albuminoïdes du plasma sanguin exposés aux rayons. Ces changements correspondent à un commencement de coagulation.

2° *Fixation des éléments par les rayons ultraviolets. Les microbes et les éléments cellulaires les plus différents sont fixés lorsqu'on les expose aux rayons ultraviolets.* — Nous avons observé cette fixation pour les microbes (B. typhique, B. coli, staphylocoque doré, streptocoque, B. charbonneux, B. tétanique, B. subtilis, B. de la phléole, B. tuberculeux), les spirilles (de l'eau et de la syphilis), les amibes (d'une infusion de foin en culture pure mixte), les trypanosomes (Tr. de l'huître, Tr. de la souris-surra), les infusoires (Paramécies), les levures (Sacch. cerevisiæ, Sacch. saturnus), les globules rouges et blancs (sang humain, de souris et de grenouille) et un grand nombre de frottis d'organes.

Cette fixation par les rayons ultraviolets est produite seulement par les rayons qui traversent le quartz et qui ne traversent pas le verre, c'est-à-dire qui ont moins de 3021 comme longueur d'onde. La fixation est localisée très exactement aux points sur lesquels tombent les rayons. On peut le montrer très nettement pour les globules rouges. En effet, si l'on recouvre par un écran une moitié d'une préparation de sang desséchée qu'on expose aux rayons, et si ensuite on met sur la lame une goutte d'eau distillée on voit au microscope que du côté exposé les globules restent absolument intacts, tandis que du côté normal il y a hémolyse immédiate. A la limite de séparation on trouve des globules qui sont à cheval sur la limite et dont seulement une portion a été atteinte par les rayons; on voit alors que seulement cette tranche de globule est fixée; on peut donc ainsi obtenir la fixation seulement d'une portion de globule.

3° *Coloration. Les microbes exposés aux rayons ultraviolets se colorent plus difficilement par toute une série de colorants.* — Nous avons employé le bleu azur II (1 pour 1000 dans l'eau), la rubine S (saturée dans l'eau), l'éosine (1 pour 100 dans l'eau), le violet de gentiane (1 pour 100 dans l'eau), le violet de gentiane phéniqué, la thionine phéniquée et le Ziehl.

Lorsque l'action des rayons est prolongée, on n'arrive plus du tout à colorer les microbes. Le corps microbien apparaît alors comme désagrégé, on obtient des figures de bactériolyse.

Ces changements de coloration s'observent aussi bien pour les microbes exposés en émulsion dans l'eau, que pour les préparations sèches non fixées ou fixées par la chaleur.

Pour des éléments plus gros, tels que des globules rouges de grenouille, on observe après exposition des changements de colorabilité du protoplasme; ainsi, par exemple, le bleu azur II, colorant très peu le protoplasme des globules normaux, le colore fortement en bleu après exposition de ces globules.

Certains éléments, tels que des spores qui normalement ne se colorent pas par les colorants précédents, sans mordançage préalable, prennent ces colorants directement après exposition aux rayons.

4° *Réaction de Gram. Les microbes qui prennent le Gram ne le prennent plus après l'action des rayons ultraviolets.* — Nous avons obtenu ce résultat d'une façon absolument constante pour les microbes suivants : B. charbonneux, staphylocoque, streptocoque, B. subtilis, B. tétanique, B. tuberculeux et pour les levures.

Le résultat est le même lorsque les microbes sont exposés en émulsion ou lorsqu'ils le sont desséchés sur lame.

Cette perte de la réaction de Gram est un nouvel argument en faveur de l'action directe des rayons sur les microbes ; en effet, l'eau oxygénée même

en concentration forte ($\frac{1}{100}$ normale pendant $\frac{1}{2}$ heure) ne modifie pas la réaction de Gram.

5° *Acido-résistance. Les microbes de la tuberculose et de la phléole perdent la réaction de l'acido-résistance après l'exposition aux rayons.* — Cette perte de l'acido-résistance ne s'obtient que si l'on expose ces microbes à l'état sec. Si, au contraire, on fait agir les rayons sur les émulsions aqueuses, la réaction d'acido-résistance subsiste.

En résumé, les rayons ultraviolets produisent dans le protoplasme des transformations chimiques et physiques qui modifient complètement toutes les réactions de coloration. Cette action des rayons est bien différente de celle de la chaleur, de celle de l'eau oxygénée et des fixateurs ordinaires.

HISTOLOGIE. — *Activité de la gaine de myéline dans les nerfs en état de survie.* Note (¹) de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Henneguy.

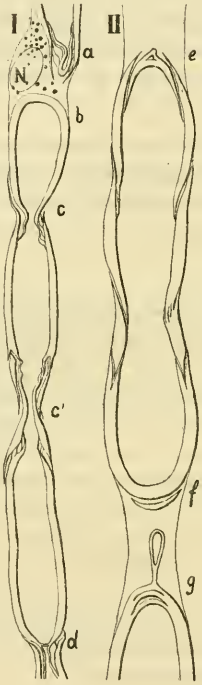
Lorsqu'un fragment de tissu est séparé de l'organisme et conservé aseptiquement dans un milieu convenable, les éléments survivent quelque temps, puis subissent la nécrobiose, avant que se produisent les phénomènes chimiques de l'autolyse proprement dite. Pendant la période de survie, qui ne dépasse guère 24 heures à 38°, les tubes nerveux se segmentent par un procédé identique à celui que j'ai décrit dans la dégénération wallérienne; mais, dans le nerf séparé, la fragmentation est plus rapide, elle commence dès la cinquième heure.

La dégénération du nerf séparé permet d'étudier les facteurs qui l'influencent; on peut constater ainsi que l'activité de la myéline est soumise aux lois qui régissent la vie en général.

La segmentation se produit dans l'eau salée physiologique aussi bien que dans le sérum sanguin; elle évolue à la température ambiante (Lapin, Cobaye), mais le séjour à 38° l'active beaucoup. Presque nulle à 0°, elle est supprimée par le chauffage à 45°, par les solutions hypotoniques ou hypertoniques de chlorure de sodium, par la privation absolue d'oxygène, par l'acidité ou l'alcalinité du milieu (acides organiques à $\frac{1}{1000}$, soude à $\frac{1}{1000}$). Dans une solution isotonique de sulfate de soude, elle ne se produit pas; les poisons l'empêchent, lorsque leur concentration est suffisante : bile à $\frac{1}{10}$, chlorhydrate de cocaïne et sulfate de strychnine à $\frac{1}{100}$, sulfate de quinine basique à saturation, eau chloroformée diluée à $\frac{1}{10}$.

(¹) Présentée dans la séance du 7 mars 1910.

D'autre part, si l'on projette dans l'eau une solution alcoolique de myéline chimique [1], on obtient, par l'effet de la tension superficielle, des



Fibres nerveuses en état de survie, conservées à l'étuve dans l'eau salée physiologique : I, fibre nerveuse du Cobaye, 5 heures après la séparation d'avec l'organisme; N, noyau d'une cellule de Schwann, entouré de granulations protoplasmiques colorées au rouge neutre; II, fibre nerveuse du Lapin, après une survie de 24 heures.

sphères et des cylindres creux à parois feuilletées, qui s'étirent et se divisent par étranglement, pour donner des figures qui simulent étonnamment des aspects observés dans la segmentation de la gaine des tubes nerveux.

---

[1] Je remercie MM. A. Mayer et Schæffer qui m'ont procuré un échantillon de myéline chimiquement pure.

Pourtant ces formations artificielles, si compliquées soient-elles, diffèrent de la myéline vivante; celle-ci possède, en effet, une *organisation* qui s'accuse à l'état frais par la présence des incisures de Schmidt-Lanterman, se maintient pendant la segmentation et évolue en s'adaptant successivement aux formes acquises; les gouttelettes de myéline chimique, au contraire, présentent en tous leurs points une *texture* feuilletée uniforme. En un mot il existe, entre les deux formations envisagées ici, la différence, non pas d'essence, mais de complexité qui sépare la matière vivante des substances inanimées.

De ce qui précède je crois pouvoir conclure que la gaine de myéline des nerfs n'est pas un isolant inerte, mais une substance vivante, d'une nature spéciale, caractérisée par sa richesse exceptionnelle en graisse. Pendant la dégénération wallérienne et au début de l'autolyse, la forme de son activité est gouvernée surtout par les propriétés physiques de son constituant principal, la myéline chimique. Lorsque le nerf sectionné reste en place, la mort de la gaine de myéline ne s'achève que dans une phase avancée, lorsque le cylindraxe est complètement résorbé; dans l'autolyse, au contraire, la cessation de l'activité de la myéline coïncide avec la mort du tissu tout entier, qui survient rapidement.

J'ai pu me convaincre que la segmentation de la myéline ne joue aucun rôle dans le morcellement du cylindraxe, qui est un phénomène primitif; la myéline ne fait qu'envelopper les fragments, lorsqu'ils se sont formés par un processus complexe, qui mérite d'être étudié séparément.

Quant à la cause première de la segmentation et de la disparition de la myéline, après section du nerf, elle ne pourra être complètement élucidée que lorsque nous connaîtrons exactement l'histogenèse de cette gaine. Ses relations génétiques avec les cellules de Schwann deviennent de plus en plus improbables, à mesure que l'étude de sa structure progresse; les constatations faites dans la dégénération wallérienne ne suffisent pas, toutefois, à prouver que la gaine de myéline appartient en propre à la substance nerveuse. En effet, si le début des transformations de la gaine se fait bien avant que les cellules de Schwann commencent à réagir, par contre l'activité de la myéline se prolonge longtemps après la nécrose du cylindraxe; les relations entre les trois éléments en présence ne sont donc pas élucidées par des considérations de synchronisme dans la dégénération. Mais, en fin de compte, l'activité de la myéline aboutit à la mort et, pendant toute la durée du processus, les segments de myéline se comportent comme des corps étrangers à l'égard des cellules de Schwann.

Il est donc probable que la gaine de myéline n'appartient pas aux cellules satellites, mais est constituée par une portion du protoplasma nerveux, différenciée en vue de fonctions végétatives ou accessoires, tandis que l'activité spécifique est réservée au cylindraxe. Dans cette conception, les phénomènes de segmentation et de destruction observés à la suite de la section du nerf, tout en étant influencés par la nécrose précoce du cylindraxe, reconnaîtraient pour cause première la séparation effectuée entre la gaine de myéline et la portion nucléée de sa cellule d'origine.

ANATOMIE. — *Le ganglion d'Andersh chez le Phrynosome cornu.* Note de M. **H.-E. Sauvage**, présentée par M. Edmond Perrier.

Près de l'émergence du glosso-pharyngien et du pneumogastrique on voit chez cet Iguanien un gros ganglion de forme grossièrement cordiforme, à pointe dirigée en dehors, fusion du ganglion d'Andersh et du ganglion du pneumogastrique; la partie antérieure du ganglion appartient au glosso-pharyngien, la partie postérieure au pneumogastrique.

De la partie antérieure du ganglion part une courte branche nerveuse qui se divise de suite en deux. Le rameau inférieur se rend dans les muscles sterno-hyoïdien et omo-hyoïdien; l'autre rameau, arrivé au niveau de l'hyoïde, se divise lui-même en deux branches; l'interne se distribue dans l'hyoglosse, donne des rameaux dont le plus antérieur va s'anastomoser avec la branche externe; celle-ci se termine au menton et présente un petit ganglion d'où partent deux rameaux se rendant au ganglion de Gasser.

Le pneumogastrique part de la partie postérieure du ganglion commun, passe derrière le spinal et le grand hypoglosse, présente un ganglion placé au côté droit, au niveau de l'avant-dernière branche du plexus brachial; du côté gauche, au niveau de l'antépénultienne branche de ce plexus. Ce ganglion reçoit des filets du grand sympathique qui forme un plexus; une branche se rend au tiers externe de la branche courbe qui de l'origine du nerf intercostal se réunit à la dernière branche du plexus brachial; ce ganglion est de forme ovalaire; de son côté interne partent deux filets très minces et longs qui se rendent au foie; de la partie postérieure du ganglion part un filet qui passe entre les deuxième et troisième branches du plexus brachial et se rend au poumon.

ZOOLOGIE. — *De l'emploi du dressage comme moyen de recherche psychologique.* Note de M. **P. Hachet-Souplet**, présentée par M. Edmond Perrier.

Définition. — Le dressage est l'éducation donnée par l'homme aux animaux dans le but de les soumettre à ses commandements verbaux ou mimiques.

Le phénomène psychologique caractéristique du dressage est la substitution d'une excitation (geste ou ordre vocal de l'homme) éveillant des sensations représentatives, aux excitations qui, à l'état de nature, font agir les animaux. Cette substitution peut être obtenue soit par simple association de sensations, soit par la méthode de la *persuasion*, c'est-à-dire en faisant appel à l'intelligence du sujet.

Il n'est pas exact de dire que les expériences dans lesquelles un animal est forcé de parcourir un labyrinthe pour trouver sa nourriture et qui permettent de constater qu'il accomplit ce parcours de plus en plus vite, relèvent du dressage proprement dit. En effet, l'homme n'intervient pas directement dans l'apprentissage que fait ici l'animal; et le résultat de cet apprentissage n'est pas l'obéissance à un ordre. Il s'agit donc d'auto-éducation. Mais il y a évidemment grand intérêt à mener parallèlement, et de façon que les unes contrôlent les autres, des expériences d'auto-éducation et des expériences de dressage.

a. Étude des facultés sensorielles. Actes-signaux. — Après avoir appris à un animal à exécuter un acte déterminé quand on lui donne un ordre, on peut substituer à cet ordre une excitation *mesurable* (en créant une association par contiguïté). Dès lors, pour évaluer avec précision l'acuité du sens auquel s'adresse cette excitation, on n'a qu'à provoquer, à plusieurs reprises, l'exécution de l'acte en diminuant chaque fois l'intensité de l'excitation. On arrive ainsi à un minimum au-dessous duquel l'acte-signal ne se reproduit plus; ce qui indique le seuil de la sensation.

b. Étude des lois des associations. — La méthode de dressage permettant de savoir exactement quelles sont les excitations reçues dans des conditions données par un animal, permettant de connaître leur ordre de succession et de constater leurs effets dynamogènes, est particulièrement précieuse pour l'étude des associations. La *loi de récurrence,* qui a fait l'objet de notre Note du 24 janvier 1910, a été déduite d'expériences de dressage. Un grand nombre de questions peuvent être éclairées d'un jour nouveau, grâce à cette

BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY

méthode. Nous croyons, par exemple, avoir établi, en réalisant au moyen du dressage, de véritables *synthèses d'instincts*, qu'un animal peut se créer une industrie, acquérir des mœurs spéciales, utiles à son espèce, *sans en connaître le but*, par associations simples et sans aucun emploi de l'intelligence.

Entre autres expériences de ce genre, nous avons fait naître et développer, chez un Cacatoès, l'instinct du Mégapode constructeur de *tumulus*, en décomposant l'ensemble des mouvements nécessaires à cette construction, ce qui ne laissait aucune apparence d'utilité à chacun d'eux pris séparément.

c. Étude de l'intelligence. — Pour étudier l'intelligence proprement dite, le dresseur peut se servir de la *persuasion*. Ce procédé ne comporte pas d'associations par contiguïté, comme le dressage courant; mais un emploi raisonné de la mimique et de la voix, ayant pour le sujet la valeur d'une *explication* et d'une sollicitation. L'animal n'a, dans ce cas, aucun moyen de se soumettre à la volonté du maître s'il n'a pas *compris* ce qu'on attend de lui. Il y a donc là un critère de l'intelligence.

Priorité. — Nous croyons avoir élaboré, le premier, une méthode pratique de recherches basée sur le dressage et permettant d'embrasser l'ensemble des *facultés psychiques des animaux*.

Les quelques pages consacrées par J. Lubbock aux prouesses de son chien (qui aurait appris seul la lecture!) n'ont rapport qu'à une sorte d'auto-éducation d'ailleurs bien hypothétique. L'éminent biologiste anglais n'a jamais appliqué à son chien les moyens du dressage ordinaire, puisqu'il les ignorait complètement; il a même manifesté l'intention de s'en passer en écrivant que, dans ses expériences: « On laissait le chien agir à sa guise ». Il ne s'agit pas davantage dans ces expériences de *persuasion*, puisque ce procédé explicatif est un moyen d'éducation et que Lubbock n'en cherchait pas. D'ailleurs, dans nos expériences de persuasion, au lieu de considérer comme lui ce que l'animal, instruit par sa propre expérience, pourra faire de plus ou moins compliqué, nous n'avons jamais eu en vue que l'efficacité des moyens explicatifs d'éducation pour dresser les animaux à exécuter des actes absolument quelconques, mais qu'ils ne peuvent réaliser que *s'ils ont compris l'idée du dresseur*. Il y a là une distinction tranchée qui a échappé à nombre de psychologues.

Notre plan général d'étude de dressage scientifique auquel Ed. Claparède fait allusion dans sa *Revue des méthodes en psychologie zoologique* (1) ne date pas de 1900, comme le dit, par erreur, cet auteur; il se trouve dans notre *Dressage des animaux* (1896), et a paru deux ans avant la publication des premiers travaux de Thorndike, qui n'ont d'ailleurs qu'une parenté lointaine avec les nôtres.

---

(1) *Congrès de Francfort-sur-le-Mein*, avril 1908.

ENTOMOLOGIE. — *Considérations générales sur les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères.* Note [1] de M. **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

L. Dufour (1843), de Leydig (1859), de Schindler (1878), de Cholodkovsky (1887), de Veneziani (1905), etc. se sont occupés des tubes de Malpighi des insectes. En 1895, dans un Mémoire sur les vaisseaux de Malpighi des Hyménoptères, nous avons constaté que, chez les larves, ces organes sont toujours au nombre de *quatre*, qu'ils sont d'origine ectodermique et proviennent de diverticules de l'intestin terminal [2]. Cette nouvelle étude porte sur les familles suivantes de Lépidoptères : *Nymphalidæ*, *Sphingidæ*, *Arctiidæ*, *Cossidæ*, *Liparidæ*, *Saturnidæ*, *Cymatophoridæ*, *Notodontidæ*, *Noctuidæ* et *Tortricidæ* [3].

Les tubes de Malpighi des Chenilles de Papillons sont partout au nombre de *six* (sauf chez les *Carpocapsa pomonella*, où il n'y en a que quatre), disposés en deux groupes de trois, de chaque côté de l'origine de l'intestin terminal. Les deux canaux collecteurs latéraux qui partent des deux vésicules urinaires, ont leurs orifices terminaux opposés et situés aux extrémités d'un même diamètre. Chez la plupart des larves de Lépidoptères, les tubes de Malpighi sont irréguliers et variqueux, rarement cylindriques; parfois, on rencontre, chez la même espèce, les deux dispositions : la première partie du canal est à peu près régulièrement tubuleuse, tandis que le reste de l'organe est moniliforme.

Chez la larve de *Vanessa Io* L., les vaisseaux de Malpighi débutent, de chaque côté de l'extrémité antérieure de l'intestin terminal, par un tronc très court, qui se dilate brusquement et forme une grosse vésicule ovoïde, ayant à peu près $1^{mm},5$ suivant son grand axe. Ses parois sont pourvues de quelques fibrilles musculaires entrecoisées et sa cavité, à certains moments, est remplie d'une multitude de concrétions cristallines. L'extrémité vésiculaire distale se continue par un tube recourbé en arc qui se ramifie tout d'abord et donne le vaisseau situé sous l'intestin moyen.

L'autre branche, un peu plus large que la précédente, ne tarde pas à se bifurquer à son tour et à fournir les deux vaisseaux malpighiens qui cheminent à la face supérieure du canal intestinal. Dans la première partie de leur trajet, ces tubes présentent une forme à peu près régulièrement cylindrique, et ce n'est que dans leur moitié distale

---

(1) Présentée dans la séance du 28 février 1910.

(2) V. L. Bordas, *Les tubes de Malpighi des Hyménoptères* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXVI, 4 pl., 1895, p. 1 à 40).

(3) Les quelques considérations générales de cette Note font l'objet d'un travail plus complet, actuellement en cours d'exécution.

qu'ils deviennent sinueux, prennent des contours irréguliers et une apparence moniliforme.

Chez les chenilles d'*Acherontia atropos* L. et de *Sphinx convolvuli* L. on trouve que les renflements latéraux des tubes de Malpighi sont beaucoup plus accentués que dans la *Vanessa Io* : ils affectent la forme soit de courts cœcums, soit de ramuscules à extrémité hémisphérique insérés perpendiculairement au tronc principal. Les vaisseaux malpighiens du *Sphinx convolvuli*, cylindriques au début, ne tardent pas à devenir variqueux : ce sont tout d'abord de petites éminences latérales, des cœcums coniques espacés de distance en distance ; puis, peu à peu, les bourrelets augmentent en nombre et en volume, deviennent cylindriques, tantôt courts, tantôt plus ou moins longs, donnant à chaque organe la forme d'une corde à nœuds. Au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité postérieure du corps, les tubes paraissent hérissés latéralement de petites digitations cylindriques, dont la hauteur est supérieure au diamètre du vaisseau et placées perpendiculairement à ce dernier. Ces éminences latérales sont dues, ainsi que l'indiquent des coupes transversales, à des évaginations digitiformes de la cavité interne des tubes urinaires.

Les vaisseaux malpighiens, dans leur première partie, cylindrique, ont une teinte terne ou légèrement blanchâtre ; tandis que, dans leur région irrégulière, moniliforme et à appendices latéraux, ils sont fortement colorés en jaune plus ou moins foncé.

Chez les larves de *Spilosoma fuliginosa* L. et de l'*Arctia caja* la vessie urinaire comprend deux renflements ovoïdes réunis par un pédicule cylindrique très court, et c'est du sommet du renflement distal que partent les tubes de Malpighi. Ceux-ci sont cylindriques dans leur premier tiers et variqueux dans leurs deux tiers postérieurs. Le réservoir collecteur des larves de *Pleretes matronula* L. est simple, piriforme, et se continue, à ses deux extrémités, par deux appendices tubuleux, dont l'antérieur se divise en trois branches formant les tubes de Malpighi. Ces derniers étaient, chez les larves que nous avons examinées, littéralement remplis de concrétions cristallines. Les tubes de Malpighi larvaires de *Cnetocampa*, de *Pygæra*, de *Stauropus*, d'*Asphalia*, etc. sont sinueux, moniliformes, et les cœcums latéraux existent sur toute leur longueur (*Cnetocampa*, *Phalera*, etc.) ; le réservoir est généralement ovoïde ou parfois sphérique.

Enfin, chez les larves de *Carpocapsa pomonella* Fr., qui ne possèdent que *quatre* tubes de Malpighi, les deux vaisseaux urinaires de chaque côté, avant de déboucher à l'origine de l'intestin terminal, se fusionnent, en un tronc très court.

Au point de vue *histologique*, les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères comprennent, de dehors en dedans :

1° Une *membrane péritonéale externe* très ténue, pourvue de distance en distance de petits noyaux aplatis, et contenant quelques fibrilles élastiques à direction oblique; 2° une *membrane basilaire*, également très mince, servant de support aux cellules glandulaires sous-jacentes; 3° l'*épithélium sécréteur*. Ce dernier est constitué par

de grosses cellules polygonales, à bord interne conique ou rectiligne et limitant un lumen généralement irrégulier. Les noyaux sont ovales ou allongés, mais généralement irréguliers et ramifiés; ils portent des ramuscules latéraux courts et terminés par une extrémité renflée (*Arctia*, *Sphinx*, *Cnetocampa*, *Pleretes*, *Spilosoma*, etc.). Ceux des larves d'*Agrostis* sont très ramifiés et comparables aux noyaux des glandes sérici-gènes. Le prostoplasme est finement granuleux du côté interne de la cellule et légèrement strié vers sa région externe. Il contient les produits de sécrétion. Ces derniers, sous forme de productions cristallines, sont très abondants, non seulement dans les éléments épithéliaux, mais remplissent même parfois la cavité du vaisseau, de façon à donner à la glande l'apparence d'un cordon rigide. Enfin, du côté interne, en regard du lumen, l'épithélium est recouvert *d'une bordure ciliée en brosse*, très caractéristique, et existant dans tous les tubes. Ces cils sont généralement plus longs au sommet des cellules que dans les intervalles de ces dernières.

Le *réservoir urinaire* présente à peu près la même structure histologique que les vaisseaux malpighiens, avec cette différence que les cellules sont aplaties, rectangulaires, et les cils plus courts; de plus, sous la membrane péritonéale externe on trouve quelques fibrilles musculaires à directions circulaire (externes) et oblique (internes). Tous les tubes de Malpighi sont parcourus par de nombreux filaments trachéens, dont les derniers ramuscules traversent la *tunica* externe et pénètrent même entre les cellules.

Comme *produits solides*, nous avons rencontré, dans les tubes de Malpighi, des larves de Lépidoptères, des cristaux d'acide urique, des cristaux d'urate de soude, d'ammoniaque, d'oxalate de chaux, et surtout, en abondance, des concrétions cristallines de carbonate de chaux.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence et les conditions de la parthénogenèse chez* Dinophilus. Note de M. **Paul de Beauchamp**, présentée par M. Yves Delage.

On sait depuis près de trente ans que, tandis que, dans certaines espèces du genre *Dinophilus* les individus des deux sexes sont tout à fait semblables, il existe dans d'autres un dimorphisme extrêmement accentué, le mâle étant aussi petit et aussi rudimentaire que les plus dégradés des mâles de Rotifères (tandis que la femelle est beaucoup plus grosse que les femelles correspondantes). Dans ce dernier groupe, le nanisme des mâles est lié à l'existence de la parthénogenèse; chez *Dinophilus*, tous les auteurs qui ont effleuré cette question ont affirmé l'absence de celle-ci, sans qu'aucun semble avoir fait des expériences pour la prouver.

Cette allégation repose sans doute simplement sur la présence simultanée, à peu près constante, dans les cocons pondus par ces animaux, d'œufs des deux sexes, aisément reconnaissables à la différence de leur taille; mais les œufs mâles sont presque toujours en nombre plus petit, parfois beaucoup plus petit. Ayant entrepris dans un autre but (détermination du sexe) des cultures de *Dinophilus Conklini* Nelson, espèce que j'ai pu me procurer à Roscoff, je n'ai pas tardé à être frappé d'un fait: malgré cette disproportion et bien que le mâle soit évidemment trop petit pour suffire à plusieurs coïts, toutes les femelles provenant d'une même ponte isolée pondent des œufs qui se développent à leur tour normalement. La taille et la fragilité des mâles rendent l'accouplement presque impossible à constater; pour prouver la parthénogenèse que je considérais dès lors comme probable, il fallait donc détruire ou enlever ceux-ci *à l'éclosion même* dans une ponte donnée (car, bien que les femelles mettent une dizaine de jours à atteindre la maturité sexuelle, la possibilité d'une fécondation dans les premières heures de la vie, comme Maupas l'a observée chez l'Hydatine, n'était pas exclue), et isoler aussitôt les femelles. Après quelques insuccès j'ai réussi cette opération et suivi le développement jusqu'à l'éclosion de plusieurs pontes d'individus *incontestablement vierges*.

Je n'ai pu encore répéter cet isolement rigoureux sur plusieurs générations; mais d'après mes cultures imparfaitement isolées, j'affirmerai déjà que la parthénogenèse ne peut se poursuivre que pendant un nombre très restreint de générations, trois ou quatre, semble-t-il; à la dernière apparaissent une série d'anomalies : malformations somatiques (surtout variations dans le nombre des yeux), lenteur plus grande du développement qui s'arrête souvent à un stade infantile. Parfois l'ovaire ne se développe pas chez des animaux ayant la taille adulte, ou dégénère après s'être formé; si les œufs arrivent à être pondus, ils se segmentent irrégulièrement, ou l'embryon, anormal, succombe au plus tard à l'éclosion. Tous ces phénomènes sont évidemment liés à l'absence d'amphimixie, et leur côté cytologique sera très intéressant à étudier; il est vraisemblabe que le nombre des chromosomes est très au-dessous de la normale dans cette dernière génération. Je puis déjà affirmer que les œufs femelles vierges émettent, comme les autres, deux globules polaires (en réalité trois par division du premier). Il m'a paru aussi qu'une femelle d'avant-dernière génération, dont les œufs donnaient des femelles stériles, pouvait être fertilisée et faire souche à nouveau d'individus féconds.

En résumé, au dimorphisme sexuel est lié, dans l'espèce considérée, l'existence de la parthénogenèse naturelle (il sera nécessaire d'examiner au même point de vue les *Dinophilus* non dimorphes); mais cette parthénogenèse qui ne peut que suppléer pendant quelques générations à l'absence des mâles et entraîne en se prolongeant la dégénérescence de la lignée, est beaucoup moins évoluée que chez certains animaux d'eau douce, où elle représente une adaptation spéciale au milieu et où l'œuf fécondé (œuf d'hiver ou de résistance) est différent de l'œuf parthénogénétique. Son intérêt sera précisément d'aider à comprendre la naissance de celle-ci. Il est très remarquable de l'observer chez *Dinophilus*, qu'on ne doit point considérer comme

l'ancêtre des Rotifères (il dérive sans doute d'Annélides déjà bien évoluées, ce qui est peu vraisemblable pour ceux-ci, comme je l'ai dit ailleurs), mais qui présente avec eux une convergence fort nette et peut être regardé aussi au point de vue purement morphologique comme intermédiaire entre eux et les Annélides.

MÉDECINE. — *Sérothérapie de la fièvre typhoïde; résultats cliniques.* Note de MM. **A. Rodet** et **Lagriffoul**, présentée par M. A. Chauveau.

Depuis plusieurs années, nous étudions les propriétés du sérum des animaux immunisés à l'égard du bacille d'Eberth, nous proposant comme objectif la sérothérapie de la fièvre typhoïde. Après avoir essayé divers procédés d'immunisation, nous nous sommes depuis longtemps arrêtés aux injections intraveineuses de bacilles vivants, comme réalisant la condition la plus efficace à conférer rapidement au sérum les propriétés spécifiques les plus multiples; et notamment le sérum ainsi préparé est susceptible, injecté préventivement, de prémunir le cobaye à l'égard d'une dose plus que mortelle de bacilles typhiques vivants injectés dans les veines. C'est surtout une action antitoxique qui est alors en jeu; et elle s'exerce sans mélange d'effets nuisibles, si le sérum a été préparé dans des conditions très précises d'immunisation. Après avoir longuement étudié notre sérum au point de vue expérimental, nous nous sommes cru autorisés à tenter des essais thérapeutiques. Nous ne viserons dans cette Note que les malades dont le traitement par le sérum a été *précoce*, c'est-à-dire auxquels la première injection a été faite *du cinquième au onzième jour de la maladie.*

Le nombre de nos malades ainsi traités précocement est actuellement de 27. Les doses de sérum ont varié de 2^{cm^3} à 10^{cm^3}; 17 malades n'ont reçu qu'une injection; 9 en ont reçu deux; 1 seul a reçu trois injections.

Plusieurs éventualités ont été observées après les injections de sérum. Relevons les plus favorables.

Groupe I de malades. — Une baisse de température s'est brusquement dessinée, au douzième jour de la maladie au plus tard, le lendemain ou le surlendemain de la première injection de sérum. Ce groupe comprend 13 malades, soit 48 pour 100. Chez la plupart d'entre eux, dans 11 cas (soit 40,7 pour 100 de l'ensemble des malades), la défervescence s'est rapidement accentuée, atteignant en 2 à 6 jours l'apyrexie ou un chiffre voisin de l'apyrexie; la maladie a pu être dite *avortée* (sous-groupe I α).

Groupe II. — C'est encore une défervescence brusque, mais notablement plus tar-

dive, survenant seulement après une deuxième injection, du seizième au dix-neuvième jour; ces cas sont au nombre de 5. Si l'on veut réunir ces deux groupes, c'est dans 18 cas (soit 66,7 pour 100) qu'on a observé une chute brusque de température, précocement après la première injection de sérum ou au cours du troisième septénaire après une seconde injection.

Chez un certain nombre de malades, le séro-diagnostic avait donné un résultat négatif. Considérons les résultats limités aux cas où le séro-diagnostic a été pratiqué avant l'administration du sérum et a donné un résultat positif. Ils sont au nombre de 16. De ces 16 cas, 10 (62 pour 100) appartiennent au groupe I défini ci-dessus, dont 9 (56 pour 100) au sous-groupe I α. Par conséquent, le pourcentage des éventualités très favorables, loin de s'abaisser, s'élève si nous nous limitons aux cas ayant eu un séro-diagnostic positif.

La proportion des éventualités heureuses serait encore bien plus élevée si nous considérions à part les malades traités par un certain échantillon de sérum qui a donné des résultats particulièrement favorables.

Les modifications observées dans la courbe thermique ne peuvent pas être mises sur le compte des bains; d'ailleurs, plusieurs des malades qui ont présenté l'évolution la plus heureuse n'ont pas été baignés.

Les chutes de température ont toujours traduit, du moins lorsqu'elles ont été soutenues, une amélioration générale, c'est-à-dire se sont toujours accompagnées d'un amendement des autres symptômes. Signalons, comme particularité digne d'attention, la polyurie, pouvant atteindre par jour 3^l à 5^l en l'absence de bains froids.

Sur les 27 malades de cette première statistique limitée au traitement précoce, nous avons eu 2 morts : mort subite en pleine convalescence chez une malade qui avait présenté une évolution assez favorable (groupe II); mort presque subite dans un accès de collapsus cardiaque survenu au sortir d'un bain chez un malade atteint d'une grave lésion cardiaque d'ancienne date. Pour ce dernier malade, la séro-réaction avait été négative; pour le premier elle n'avait pas été pratiquée.

Nous insistons sur la fréquence des améliorations rapides à la suite des injections de sérum. Négligeant les cas où la guérison a succédé à une évolution plus ou moins favorable, nous signalons ce fait, que la maladie a tourné court, au douzième jour au plus tard, dans une forte proportion de cas. Dans un lot de cas de fièvre typhoïde pris au hasard, en des lieux et à des dates multiples, voit-on jamais une proportion aussi élevée de formes abortives? Il nous paraît certain qu'il y a dans nos faits autre chose qu'une simple coïnci-

dence, et nous interprétons nos résultats en disant que notre sérum, s'il est administré à un malade atteint de fièvre typhoïde d'une façon suffisamment hâtive, au onzième jour au plus tard, est susceptible d'influencer très favorablement la maladie et d'en abréger la durée.

PATHOLOGIE. — *Influence des atmosphères viciées sur la vitalité des microbes.* Note de MM. **A. Trillat** et **Sauton**, présentée par M. A. Laveran.

La présence dans l'air de certains gaz provenant de la putréfaction animale ou végétale exerce, sur la vitalité des germes pathogènes qui y sont exposés, les mêmes influences protectrices ou microbicides que dans le cas de la levure alcoolique (*Comptes rendus*, 15 novembre 1909).

Poursuivant ce travail, nous avons étudié sur quelques microbes l'action de l'air vicié par la présence de gaz d'origines très diverses, provenant de la décomposition de matières animales ou végétales, de vases marécageuses d'eaux d'égout, etc. Les résultats obtenus, étant dans le même sens, quoique d'intensité différente, malgré la diversité des modes opératoires suivis, nous nous bornerons dans cette Note, à titre d'exemple, à résumer nos essais effectués sur quelques microbes pathogènes, dans un cas bien défini, dont le principe consistait à exposer ces germes à l'influence de gaz dégagés par un bouillon de bœuf, ensemencé par le *B. vulgaris*; cette méthode permet de reproduire les mêmes conditions d'expérience.

Nous ferons remarquer, tout d'abord, que cette influence protectrice se manifeste d'autant plus nettement, que les microbes exposés sont plus atténués et plus privés de leur substratum nutritif.

Voici le mode opératoire suivi pour l'étude du bacille diphtérique.

On fait une émulsion très étendue dans l'eau physiologique, ou même l'eau distillée, d'un raclage de culture jeune du bacille diphtérique sur sérum. On laisse déposer pendant 5 minutes les parties lourdes et, au moyen d'une pipette effilée, on aspire le liquide à peine louche; on le répartit sur des bandes de papier que l'on suspend dans des ballons stérilisés de 2^{l}, contenant, les uns (témoins), de l'eau ou du bouillon stérile, les autres (essais), le même bouillon que l'on ensemence largement, à ce moment, par le *B. vulgaris*. Tous les ballons sont placés à l'étuve à 37°-38° : après un certain nombre d'heures, les bandes sont retirées et ensemencées dans 10^{cm^3} d'un liquide nutritif, selon la méthode habituelle; on note la différence de temps dans l'apparition du développement de la culture.

Comme on le voit, les témoins et les essais se trouvent dans des conditions rigou-

reusement identiques de température, d'humidité et de durée d'exposition. Ils ne diffèrent entre eux que par la présence ou l'absence, dans l'air des ballons, du gaz dégagé en faibles proportions par le liquide en décomposition. Le dosage de l'alcalinité de l'atmosphère des ballons, évaluée en ammoniaque quand on pouvait la constater par le déplacement de plusieurs litres dans une solution titrée, ne dépassait pas $0^{mg},02$ par litre. (L'étude de la composition de ces gaz fera l'objet d'un travail à part.)

Le Tableau ci-dessous résume nos résultats; ils ont comporté 120 observations sur 10 séries, comprenant chacune 6 témoins et 6 essais. Nous y joignons les résultats des bacilles typhique et pesteux, pour l'étude desquels on a suivi un mode opératoire analogue.

Bacille diphtérique.

(Exposition variant de 6 à 36 heures.)

I. Les essais cultivent plus rapidement que les témoins.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
24 heures...	0	28
48 heures...	10	50
3 jours	30	87

II. Essais dans lesquels les témoins très atténués ne cultivent plus.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
48 heures...	0	35
3 jours	0	50
4 jours	0	83
5 jours	0	100

III.

Bacille typhique.

(Exposition variant de 12 à 36 heures.)

Les essais poussent plus rapidement.

Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.
6 heures.....	20	65
18 heures	68	90
24 heures	85	100
48 heures	100	

Bacille de la peste (1).

IV.			V.		
Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.	Observations après	Témoins ayant cultivé.	Essais ayant cultivé.
	p. 100.	p. 100.		p. 100.	p. 100.
24 heures...	0	62	24 heures...	0	50
48 heures...	36	100	48 heures...	0	75
3 jours....	75		3 jours....	0	88
			8 jours....	0	

Une exposition trop prolongée ou un excès de gaz putride donne des effets nettement antiseptiques (2).

La différence du développement de culture est mise aussi en évidence, si l'on procède par numération des colonies. Ainsi, dans le Tableau III, la numération des colonies provenant des bouillons ensemencés a donné :

	Colonies fournies par une goutte de bouillon provenant des microbes exposés.	
	Après 2 heures.	Après 4 heures.
Air vicié.....	0	480
Air normal.....	0	0

L'inspection de ce Tableau montre que l'exposition dans l'atmosphère des ballons d'essais a non seulement permis aux germes expérimentés de cultiver plus rapidement (Tableaux I, III, IV), mais elle a prolongé leur longévité quand ils ont été convenablement atténués (Tableaux II, V).

L'influence du milieu gazeux varie avec la nature du germe : ainsi, dans nos conditions d'expérience, elle est moins nette pour le bacille typhique que pour le bacille diphtérique ou la peste. Inversement, d'autres essais ont montré que l'influence exercée sur le même germe variait selon la nature

(1) Les expériences sur la peste ont été faites au laboratoire de M. le Dr Dujardin-Beaumetz, à l'Institut Pasteur.

(2) Nous avons déjà signalé le même résultat pour le cas de la levure alcoolique. Il est à rapprocher de celui de M. Fernbach (*Comptes rendus*, 23 août 1909), qui a reconnu la présence d'un produit volatil antiseptique dans la macération de levure de bière.

du gaz. Toutefois, cette action semble être très générale, puisque, même les produits gazeux de la respiration animale nous ont donné des résultats analogues quoique d'intensité très différente.

Ce qui fait le principal intérêt de ces observations, c'est que les gaz, dont nous avons étudié l'influence favorisante sur des germes atténués, sont précisément ceux qui sont susceptibles de se mélanger communément avec l'air que nous respirons. Au point de vue de l'hygiène auquel nous nous plaçons, ces premiers résultats, qui demandent encore à être confirmés par d'autres expériences, permettent de supposer que les souillures de l'air par ces mêmes gaz, provenant de la décomposition des matières organiques et qui composaient, pour une partie, ce qu'on appelait autrefois les *miasmes*, peuvent, avec le concours d'autres circonstances d'humidité et de température, constituer des atmosphères plus favorables à la protection et à la longévité des germes pathogènes qui y sont véhiculés.

Nous avons précédemment indiqué (*loc. cit.*) que l'hypothèse la plus simple pour expliquer cette influence était d'envisager ces gaz comme étant des aliments à très faibles doses : nous pensons que les essais en cours nous renseigneront plus exactement sur la valeur de cette interprétation.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique aux environs de Djoulfa (Transcaucasie méridionale).* Note de MM. **P.** et **N. Bonnet**, présentée par M. Henri Douvillé.

L'Araxe s'engage à Kyzylvank dans un cañon qui finit à Djoulfa, après un trajet d'une trentaine de kilomètres. Nous avons pu parcourir sa rive gauche (russe), déjà visitée par Abich, puis par Frech et Arthaber, et y constater la présence de formations triasiques à Ammonoïdés, ainsi que du Mésojurassique.

La plus grande partie de la rive russe est constituée, dans la gorge, par une puissante série de calcaires, souvent marneux, se débitant en plaques à surface ondulée, et présentant exactement le caractère du Wellenkalk de l'Europe centrale, comme l'a déjà fait remarquer Mojsisovics. Les couches, fortement inclinées vers le Nord-Est, sont recouvertes, au sommet de la falaise, en discordance angulaire, par le grès rouge nummulitique qui forme le plateau plongeant doucement dans la même direction sous les couches plus récentes.

Il semble que ce soit dans un seul endroit, d'étendue assez restreinte, que les formations plus anciennes sous-jacentes apparaissent au jour au-dessous de ces couches calcaréo-marneuses. Celles-ci émergent du sol dans la gorge de l'Araxe à $3^{km},5$ environ à l'ouest de Djoulfa-village, avec une inclinaison de 45° NE, puis s'écartent de la rivière en se renversant au delà de la verticale pour revenir après quelque distance border le lit de la rivière en reprenant leur inclinaison première.

Dans l'espace lenticulaire, long de quelques centaines de mètres, ainsi ménagé entre la rivière d'une part et ces calcaires marneux d'autre part, surgit une série de couches également renversées qui s'adossent en concordance à ces mêmes calcaires.

Nous avons relevé avec détails en cet endroit une coupe de l'ensemble, épais de 1500^{m} à 2000^{m}, et c'est là que nous avons pu découvrir, au-dessus des couches à *Otoceras* déjà connues, une formation renfermant des Ammonites triasiques.

La coupe peut être résumée de la manière suivante :

1° La base (près de la rivière) est constituée par des calcaires noirs, dans lesquels nous avons trouvé en particulier *Fusulinella sphærica* Abich et *F. lenticularis* Douv. nettement carbonifériennes.

2° Les couches qui les surmontent, à riche faune permienne déjà bien étudiée, présentent une succession de trois niveaux différenciés. Les *Otoceras* apparaissent ensuite et semblent être compris dans un quatrième niveau indépendant, sans mélange de *Productus* permiens, comme le cas se présente dans l'Himalaya.

3° Suit une formation calcaire rouge, qui apparaît seulement à l'endroit précis par lequel passe notre coupe. Nous y avons trouvé : *a*, à la partie inférieure : des formes identiques à celles décrites par Waagen sous le nom de *Celtites dimorphus*, *C. armatus*, *C. acuteplicatus* (Upper Cerat. limest. de la Salt Range); *b*, à la partie supérieure, une forme nouvelle que nous rapprocherons provisoirement de *Danubites nivalis* Diener, en raison de sa dernière loge courte et de son ornementation extérieure rappelant celle de *Tirolites*, mais dont la cloison possède un plus grand nombre d'éléments.

Ces couches semblent devoir être placées dans le Werfénien supérieur ou tout au plus dans le Virglorien inférieur.

4° Viennent enfin, en concordance et continuité avec les niveaux précédents, les calcaires en plaques recouverts en discordance par le grès rouge nummulitique.

Ces calcaires renferment, avec de rares empreintes d'Ammonites, des *Pseudomonotis* du groupe de *Ps. Clarai* Bronn, très semblables à celles des *Subrobustus-beds* du Virglorien indien. Une forme analogue, *Ps.* cf. *Clarai*

(citée par Abich comme *Pecten tortilis* Semen.) avec empreinte douteuse de *Tirolites*, avait été déjà signalée par Mojsisovics dans ces calcaires, mais près de la rivière ; le niveau en fut considéré à tort comme différent de la série terminale de la coupe, alors qu'il s'agit en réalité d'une seule et même formation. Toute cette puissante série est d'âge triasique, non seulement en raison des Lamellibranches qu'elle renferme, mais encore en raison de sa position stratigraphique. Il y a donc là un ensemble important de dépôts triasiques se poursuivant dans la plus grande partie de la gorge.

Nous signalerons encore, non loin de Negram, à une petite distance de l'Araxe, la présence de calcaires gris cendré, également fortement inclinés vers le Nord-Est, et paraissant de même recouverts en discordance angulaire par le grès rouge nummulitique. Nous y avons recueilli notamment : *Oppelia subradiata* Sow., *Phylloceras Delongchampsi* Brazil, *Ph. Velaini* Mun., *Ph.* cf. *disputabile* Zitt., *Cœloceras linguiferum* d'Orb., *Parkinsonia Parkinsoni* Sow., *P. Schlœnbachi* Schlippe.

La présence d'*Oppelia subradiata* et de *Phylloceras Delongchampsi* permet de reconnaître en particulier la zone à *Cosmoc. subfurcatum* de Bayeux et des Basses-Alpes. Faute de temps nous n'avons pas encore pu étudier avec détail cette formation non plus que ses relations avec les terrains avoisinants ; il nous a paru néanmoins intéressant d'en signaler dès maintenant l'existence, le Mésojurassique étant encore inconnu dans cette région.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de couches à* Ellipsactinia *aux monts Vardussa et sur la zone orientale du flysch d'Étolie en Grèce.* Note de MM. **Const.-A. Ktenas** et **Ph. Négris**, présentée par M. Henri Douvillé.

La zone orientale du flysch d'Étolie de Philippson s'étend, à l'Est, jusqu'aux crêtes calcaires nord-sud des monts Vardussa, dont la plus orientale atteint au Prophète-Élie, 2459^{m}.

Le flysch en question a été considéré par Philippson comme éocène (*Zeit. geol. Ges.*, t. XLII, 1890, p. 155) ; on observe pourtant au-dessus de lui, à l'ouest des Vardussa, des crêtes calcaires, formées, tantôt de blocs isolés de calcaire gris, tantôt de calcaire clair compact, recouvrant très souvent une formation rouge en forme de calotte. La calotte, y compris la formation rouge, est tantôt à allure tranquille, tantôt au contraire elle est fortement

plissée au-dessus du flysch, dont l'allure tranquille contraste avec celle des formations superposées (chemin de *Palaioxari* à *Artotina*).

La formation rouge se compose de calcaires en plaquettes, souvent rougeâtres, avec jaspes et schistes rouges et bancs bréchoïdes, surtout à la partie inférieure. Ces brèches contiennent souvent des fragments de Rudistes, comme entre *Palaiokatonna* et *Pentaghi* près de *Vathyrevma* et sur le sentier de *Pentaghi* à *Artotina*; on retrouve les mêmes brèches avec Rudistes à *Plessia*, plus au Sud. Des fragments de Rudistes se retrouvent encore dans les blocs isolés de calcaire gris foncé, en sortant du village de Pentaghi, sur le sentier vers Artotina.

Cette formation qui appartient ainsi au Crétacé se développe avec des dimensions considérables pour former les sommets Souphlais et Alogorachi de la crête occidentale des Vardussa.

D'autre part, le calcaire des couches inférieures de la crête orientale des Vardussa, sur le versant ouest du Prophète-Élie, contient des *Ellipsactinia* d'après la détermination de M. H. Douvillé. Le calcaire en question est gris ou jaunâtre et quelquefois bréchoïde, reposant sur du grès. Un autre échantillon, recueilli près de la source *Chaliki*, formant une masse sphéroïdale de 15^{cm} de diamètre, environ, a permis à M. Ph. Skouphos de reconnaître l'*Ellipsactinia ellipsoidea* Steinm. (*Paleontographica*, t. XXV, 1878, p. 116).

Du col qui sépare la crête orientale des Vardussa, de la crête occidentale, on voit reparaître sur le calcaire à *Ellipsactinia* une formation rouge qui pourrait correspondre à la formation crétacée mentionnée plus haut et pourrait ainsi faire admettre pour le calcaire à *Ellipsactinia* un âge jurassique supérieur. Cette question cependant reste indécise, car on constate l'existence de Rudistes et d'*Ellipsactinia* dans le même massif calcaire, celui de *Kontsoros* au nord de Vitrinitsa. Rappelons d'ailleurs qu'au col des Vardussa Neumayr avait trouvé un fragment détaché de Rudiste (*Denkschr. Ak. Wien*, t. XL, 1880, p. 105). En ce qui concerne l'observation de cet auteur, que le calcaire de la crête occidentale plonge sous la formation gréseuse recouverte par le calcaire de la crête orientale, elle ne peut être prise en considération pour fixer l'âge relatif des deux calcaires, parce que le calcaire occidental paraît plutôt pincé dans la formation gréseuse, comme à *Granitsa*.

Les faits que nous venons d'exposer ne sont pas d'accord avec l'âge Éocène admis jusqu'à présent pour le flysch de la zone orientale d'Étolie, à moins d'admettre *des phénomènes tectoniques de charriage*.

En terminant, nous devons signaler l'existence d'une formation éruptive considérable entre *Pentaghi* et *Artotina*; les roches éruptives appartiennent aux familles des gabbro, des spilites et des porphyres.

MINÉRALOGIE. — *Sur le gisement des pechsteins associés aux pyromérides dans l'Esterel.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Michel Lévy.

L'étude détaillée que je poursuis actuellement des roches du massif permien de l'Esterel me permet de préciser les conditions de gisement des pechsteins signalés dès 1877 par Potier comme un accident de la pyroméride ; d'après cet auteur, *ils forment des veines dans la pyroméride à la colle* (colline) *de Grane, près Fréjus* (Notice de la feuille d'Antibes); il y en aurait *trois veines principales, se ramifiant à l'infini, sans qu'on puisse dire que ces veines coupent cette roche ou que le pechstein lui soit postérieur* (*Soc. géol.*, 3e série, t. V, 1876-1877, p. 745).

Je n'ai pas retrouvé de pechstein dans la pyroméride de la colle de Grane ; par contre, je puis indiquer un superbe gisement de ces roches vitreuses remarquables à la colle de la Motte qui succède à cette dernière au Nord-Ouest (crête dominant la rive droite du premier ravin au nord du Gargalon, affluent de la rive gauche du Reyran). Les variétés entièrement vitreuses, noires, vertes et rouges, s'y rencontrent, formant un banc puissant de 5^m à 10^m, que l'on peut suivre, sur 300^m à 400^m de long, entre deux points bas de la colle de la Motte, sur son flanc nord-ouest, à 1^{km} environ à l'est de la vallée du Reyran ; ce banc puissant est à la base de la *coulée* de pyroméride qui paraît être descendue de plusieurs kilomètres au Nord-Est, provenant de dykes avoisinant le mont Vinaigre ; il repose directement sur des schistes verdâtres et des arkoses fines, silicifiées et se délitant au plaquettes, riches en mica blanc clastique et contenant des empreintes de plantes, qui paraissent appartenir au sommet du Permien inférieur de Potier. Ces arkoses reposent elles-mêmes sur les puissantes coulées de porphyre pétrosiliceux amarante.

Ce pechstein est un verre trempé, présentant une extrême abondance d'enroulements perlitiques et dans lequel la trempe et le retrait sont dus à un refroidissement brusque de son magma initial; l'analyse, due à M. Pisani, a donné une perte au feu de 7,3 pour 100, qui indique un départ considérable de gaz inclus. [TiO^2 0,1 ; SiO^2 72,2; Al^2O^3 10,7; $FeO + Fe^2O^3$ 1,7; CaO 0,4; MgO 0,6; K^2O 3,2; Na^2O^3 3,9; p. f. 7,3. Noms dans la classification américaine : *Persalane, Columbare, x près Alaskose.* Paramètres magmatiques de M. Michel Lévy : $\Phi = 3.9$ *granitodioritique;* $r = 0,8$ *mésopotassique;* $\Psi = 2,8$ *magnésien-ferrique;* $\Upsilon = 4.2$ *microcalcique.*]

Je crois pouvoir conclure des faits constatés que la production du

pechstein est due ici à l'arrivée de la lave de la pyroméride dans une nappe d'eau locale, probablement un lac de l'époque. Cette hypothèse s'est trouvée confirmée par la découverte de variétés de pyromérides fluidales, contenant de fins lits de verre et passant au pechstein, dans une situation identique, à la base de nombreuses coulées; telles sont les pyromérides pechsteiniques des coulées au sud-est du sommet Pelet (584^{m}), de la crête 300 au sud-ouest de Théoule, du Signal de Théoule (sud de la pointe de l'Aiguille), du sommet 170 à l'ouest des Petits-Caous.

Des variétés analogues paraissent s'être formées à la salbande des *dykes* de pyroméride, à faible profondeur au-dessous des anciennes bouches de sortie; je citerai, comme exemple, la pyroméride vitreuse verte, contre les conglomérats de base du Permien, à la salbande d'un dyke, dans le ravin de Maure-Vieille.

Les variétés de pyroméride à gros sphérolites se rencontrent, dans les coulées, immédiatement au-dessus des pechsteins. Celles à sphérolites très fins sont dans l'épaisseur des coulées, dans les parties supérieures des dykes ou dans les filons minces.

Les filons profonds de pyroméride (ceux que l'on rencontre par exemple dans le gneiss au nord de l'Esterel) sont constitués par une roche porphyrique, moins fluidale, généralement prismée.

En résumé, les pechsteins ne se présentent pas en veinules aberrantes dans la masse des pyromérides, mais ils constituent localement la base des coulées ou les salbandes des dykes. Leur genèse est donc en rapport avec un refroidissement brusque du magma intéressant de ces roches, si riches en gaz inclus qu'elles ont été appelées *explosives* et *vivantes*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur le magnétisme terrestre.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. E. Wolf.

Dans une suite d'observations poursuivies depuis plusieurs années, j'ai constaté qu'il se produisait à certaines époques déterminées des variations brusques et rapides dans la direction et dans l'intensité du magnétisme terrestre. Ces variations magnétiques ne sont pas décelées par les magnétomètres habituels, mais elles sont mises en évidence à l'aide d'un magnétomètre d'un modèle spécial, caractérisé par un très faible moment d'inertie.

L'étude des variations brusques et rapides du magnétisme terrestre paraît présenter une réelle importance dans la Physique du globe terrestre et dans la Météorologie, car ces troubles précèdent de 12 à 24 heures l'apparition des grands mouvements atmosphériques, et ils se produisent aux mêmes époques que certaines perturbations solaires, telles que l'apparition ou la disparition de taches ou de facules sur le bord du Soleil, la formation rapide de centres d'activité, ou bien encore leur passage au méridien central.

Lors de ces perturbations, les variations du magnétisme sont très importantes, car l'aiguille du magnétomètre est brusquement projetée vers la direction Est-Ouest, où elle stationne pendant une portion de seconde. L'extrémité Nord est toujours portée vers l'Est dans notre hémisphère. L'aiguille revient rapidement à sa position primitive et le nombre d'oscillations varie de une à quatre par seconde. Leur durée varie, suivant les cas, d'une heure à plusieurs jours.

Les aiguilles aimantées et les magnétomètres ordinaires présentent, pendant ces périodes de perturbations rapides, un certain flottement dans leurs indications, mais leur masse et leur moment d'inertie sont trop considérables pour permettre de les déceler.

Ces perturbations rapides paraissent être d'origine électrique, et leur siège se trouve probablement dans les régions supérieures de l'atmosphère terrestre où elles correspondent à des décharges instantanées et successives dirigées de l'équateur vers les pôles. Elles paraissent également être suivies d'aurores polaires.

Ces perturbations magnétiques sont accompagnées de variations correspondantes dans la charge électrique terrestre, ainsi que j'ai pu le mettre en évidence dans un grand nombre d'observations antérieures.

La relation intime qui paraît exister entre les perturbations électriques de l'atmosphère et les grands mouvements cycloniques semble indiquer que l'origine de ces derniers doit être surtout de nature électrique.

Des observations suivies des perturbations rapides du magnétisme et de la charge terrestre permettront d'établir la loi probable qui relie ces phénomènes aux mouvements cycloniques.

Je signalerai, à titre d'exemple, les dernières perturbations qui ont été enregistrées à Bordeaux.

Le 22 février 1910, de 9^h du matin à midi, des perturbations se produisent au moment du passage d'un groupe de taches sur le bord ouest du Soleil.

Ces perturbations furent suivies de bourrasques et de mauvais temps du 24 au 27 février.

Le 7 mars, des perturbations analogues correspondirent à la disparition de taches sur le bord ouest du Soleil, et le 9 mars à l'apparition de taches sur le bord est. Elles furent suivies de troubles atmosphériques et de baisse barométrique du 10 au 12 mars.

J'ai établi le nouveau magnétomètre cité précédemment, avec le concours de M. Philippot, constructeur d'appareils de précision à Bordeaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les anomalies de la répartition de la pression atmosphérique aux États-Unis.* Note de M. Henryk Arctowski.

Les corrélations qui existent entre les variations climatiques et les récoltes nous permettent de croire que l'étude approfondie de la dynamique des climats mènera à des résultats d'application pratique.

Poursuivant mes recherches dans cet ordre d'idées, j'ai abordé l'examen détaillé des variations des moyennes annuelles de la pression atmosphérique.

Utilisant les données des Tables publiées par Sir Norman Lockyer, celles du Mémoire de Bigelow sur la pression atmosphérique aux États-Unis ainsi que les écarts consignés dans les résumés annuels de *Monthly Weather Review*, j'ai formé des Cartes donnant la répartition géographique des écarts, année par année, pour 1876 à 1908.

Ces Cartes, quoique entachées d'erreurs dues au défaut d'homogénéité des séries d'observations d'un certain nombre de stations, démontrent à l'évidence l'existence d'un phénomène excessivement curieux. Les aires d'écarts positifs et d'écarts négatifs sont en effet distribuées par zones qui se déplacent d'année en année, tout comme s'il s'agissait d'une propagation extrêmement lente d'immenses ondes atmosphériques. En calculant les moyennes consécutives, pour un certain nombre de localités, j'ai pu vérifier que, dans les cas examinés, il y a vraiment eu des déplacements progressifs des centres de surplus et de déficit de pression. Le sens suivant lequel les aires d'hyper- et d'hypo-pression se déplacent est généralement de l'Est vers l'Ouest, de l'Atlantique vers l'océan Pacifique. Cependant le phénomène est très compliqué en réalité. Quelques-unes des Cartes annuelles (donnant la distribution des écarts par rapport aux pressions normales) nous montrent en effet, très clairement, l'existence simultanée de deux systèmes d'ondes entrecroisées, venant du nord-est et du sud-est des États-Unis.

Les moyennes consécutives pouvant être calculées jusqu'au dernier mois d'observations, il serait aisé de suivre, d'une façon continue, les changements de la répartition

de la pression atmosphérique, et de se servir éventuellement de ces Cartes pour des prévisions à longue échéance. Cependant, comme ce sont surtout les anomalies du caractère des saisons qu'il importe de connaître, je compte examiner à présent l'influence du passage des aires d'hyper- et d'hypo-pression annuelles sur les valeurs des moyennes mensuelles observées.

Je n'insiste pas sur les corrélations d'opposition des écarts notés en Islande et dans les États du Nord-Est, et je note simplement, pour finir, que les sommes des plus grands écarts, observés aux centres des aires d'hyper- et d'hypo-pression, semblent subir une variation dépendant du cycle des taches solaires.

J'espère pouvoir publier sous peu un compte rendu complet des résultats mentionnés dans cette Note.

M. M. Gandillot adresse un complément à son *Mémoire sur l'audition.*

(Renvoi à l'examen de MM. Violle et Villard.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MARS 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques la séance du lundi 28 mars est remise au mardi 29.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. Charles Lallemand pour occuper la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Ch. Lallemand prend place parmi ses Confrères.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. Richard Dedekind pour occuper l'une des places d'Associé étranger, créées par le Décret du 1er décembre 1909.

Il est donné lecture de ce Décret.

MÉDECINE. — *Fièvre typhoïde expérimentale.* Note de M. **Metchnikoff**.

Dans la période de 30 ans qui s'est écoulée depuis la découverte du bacille typhique, la Science a réalisé de grands progrès dans l'étude de la

fièvre typhoïde. Mais elle a dû s'arrêter devant l'impossibilité de reproduire cette maladie par la voie expérimentale. L'introduction des bacilles typhiques dans l'intimité de l'organisme des animaux de laboratoire amène bien une infection mortelle généralisée, mais qui ne présente pas les caractères essentiels de la fièvre typhoïde de l'homme avec ses lésions du tube digestif.

On a fait un très grand nombre de tentatives afin d'obtenir cette maladie à la suite de l'administration du virus typhoïde par la bouche. Les résultats n'ont pas été suffisants. M. Grünbaum, à Liverpool, a même essayé de reproduire la fièvre typhoïde chez les singes anthropoïdes (chimpanzés), mais sans beaucoup de succès.

Dans ces conditions on conçoit facilement l'embarras de la science médicale devant des questions comme celles-ci : Le bacille typhique est-il seul capable de provoquer la maladie, ou bien exige-t-il le concours de quelque microbe favorisant? Les méthodes préconisées pour la vaccination et la guérison de la fièvre typhoïde sont-elles réellement capables de conduire à ce résultat? Laquelle de ces méthodes doit être considérée comme la plus pratique et la plus efficace? La fièvre typhoïde peut-elle être traitée par des sérums? Ces sérums doivent-ils être antibactériens ou antitoxiques?

Étant donnée la grande importance du problème, nous nous sommes mis à l'étudier, profitant des ressources de l'Institut Pasteur pour l'étude des maladies infectieuses. Nous avons commencé par le commencement et nous avons d'abord essayé de reproduire la fièvre typhoïde chez un animal des plus proches de l'homme, chez le chimpanzé, en le soumettant à l'infection, non pas avec des cultures du bacille typhique, mais avec le virus contenu dans les excrétions de malades atteints de la fièvre typhoïde.

Dans cette intention il a été administré à un jeune chimpanzé, ne présentant aucun trouble intestinal ni autre, un peu de matières fécales d'une personne soignée à l'hôpital Pasteur pour une fièvre typhoïde des plus typiques. Avant le début de l'expérience il a été bien établi que ces matières renfermaient beaucoup de bacilles typhiques facilement cultivables. Pour plus de sûreté la matière virulente a été donnée à notre chimpanzé à trois reprises différentes.

Le septième jour après le début de l'expérience la température du corps a commencé à monter pour atteindre deux jours après le maximum de 40°,5. Seulement cet état fébrile n'a duré que peu de temps, car deux jours plus tard la température est descendue aux environs de 38°. Le chimpanzé,

constipé au début de l'expérience, a été pris de diarrhée pendant la période fébrile.

La maladie expérimentale, qui avait débuté d'une façon très semblable à la fièvre typhoïde humaine, s'est compliquée dans la suite. Il s'est développé sur elle un état dysentérique auquel le chimpanzé a succombé le treizième jour après le début de l'expérience.

Le sang de l'artère fémorale, prélevé au moment de la température la plus élevée, de même que les matières fécales diarrhéiques, ont donné une culture pure du bacille typhique, agglutinable en très forte proportion ($\frac{1}{50000}$) par le sérum antityphique préparé par M. Besredka.

A l'autopsie le gros intestin a montré des lésions caractéristiques de dysenterie sous forme de petites érosions sanguines de la muqueuse. Mais l'iléon a manifesté une hypertrophie considérable des plaques de Peyer, correspondant au début de la fièvre typhoïde de l'homme. Il y avait en tout onze plaques plus ou moins saillantes qui n'étaient pas à comparer à ces organes lymphatiques très faiblement développés dans l'iléon normal. Les plaques de Peyer de notre chimpanzé n'étaient point ulcérées ni nécrosées, tandis que les ganglions rétrocæcaux, très congestionnés et hypertrophiés, renfermaient des foyers de nécrose contenant une masse de globules blancs altérés. Ensemencés sur des milieux appropriés, ces ganglions, ainsi que le sang du cœur, ont donné des cultures pures du bacille typhique, tandis que la rate et le foie ont laissé pousser plusieurs microbes, parmi lesquels beaucoup de *Proteus*.

En résumé l'expérience sur le chimpanzé montre que l'ingestion des matières fécales d'homme, riches en bacilles typhiques, est capable de produire la fièvre typhoïde, comparable à la maladie humaine. Il devient donc possible et urgent de rechercher la solution des questions que nous avons énumérées plus haut. Comme ces recherches sont très laborieuses, nous nous sommes associés pour leur exécution à M. Besredka qui a fait déjà des travaux très importants sur l'endotoxine typhique et les méthodes de vaccination et ne sérothérapie de la fièvre typhoïde. Nous espérons, grâce à cette collaboration, pouvoir mener à bien notre projet.

S. A. S. Albert de Monaco fait hommage à l'Académie du n° 162 du *Bulletin de l'Institut océanographique*, qui contient un Mémoire intitulé : *Les campagnes scientifiques de S. A. S. le prince Albert Ier de Monaco*, par J. Richard.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Augustin Normand*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 36 :

M. Albrecht obtient	.....	23 suffrages
M. Hildebrandsson obtient	.....	11 »
M. Penck »	.....	1 suffrage
M. Sven Hedin »	.....	1 »

M. **Albrecht**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

NOMINATIONS.

M. le **Président de l'Œuvre du monument Horace Vells-Paul Bert** invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration, qui aura lieu le 27 mars à Paris.

M. **Dastre** est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui remplacera, dans la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, 1re Section, M. *Bornet*, démissionnaire.

Il est procédé au vote.

M. **Prillieux** réunit l'unanimité des suffrages.

M. le **Président du IIIe Congrès international de Physiothérapie** invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, qui se tiendra à Paris du 29 mars au 2 avril 1910.

L'Académie décide de se faire représenter par M. **A. Gautier**, Vice-Président; M. **Roux**, MM. les Membres de la Section de Médecine et Chirurgie et M. **Larbé**.

RAPPORTS.

M. **Jean Charcot** adresse de Punta-Arenas un résumé de son expédition polaire :

En quittant Déception nous nous sommes rendus à Port-Lockroy où nous avons commencé nos travaux. Pendant ce temps je partais en vedette avec Godfroy et Gourdon pour Wandel, afin de voir de là les glaces et d'économiser le charbon et le temps. C'est un petit voyage de 40 milles qui a été assez mouvementé, mais dont le résultat final a été satisfaisant. Quelques jours après nous arrivions avec le *Pourquoi Pas?* à Wandel. De suite le temps a été mauvais du NE. L'anse était un peu petite pour notre bateau, nous n'avons pas eu le temps d'installer un barrage satisfaisant, les petites glaces ne sont pas venues nous protéger, et, pendant une semaine sans pouvoir en sortir, nous avons été en danger, assaillis par d'énormes ice-blocs qu'il a fallu repousser, amarrer, etc., nuit et jour.

Le 1er janvier, avec Godfroy, Liouville et Gourdon, nous allons en vedette chercher un meilleur abri, et nous trouvons à l'île Petermann le port que nous baptisons, à cause de la date, Port-Circoncision. Quelques jours après nous y arrivons avec le *Pourquoi Pas?* échappé de Wandel sans avarie importante en nous faufilant à travers les ice-bergs. Le même jour je pars avec Godfroy et Gourdon explorer le Sud, pour monter surtout à un sommet nous permettant de voir si nous avons des chances de passer avec le *Pourquoi Pas?* entre les Biscoe et la côte. Nous comptions revenir le jour même et n'avions emporté ni vivres, ni rechange de vêtements. Notre mission est facilement remplie; nous voyons que la côte est bloquée, mais quand nous voulons revenir, nous nous trouvons bloqués à notre tour par les glaces. Pendant 4 jours, avec une neige continuelle, nous cherchons à nous dégager; je passe sur les détails de cette odyssée. Nous risquions de mourir de faim et de froid. Le quatrième jour, alors que nous partions (nous avions nos sacs sur le dos) pour essayer de gagner à pied par la falaise de glace un cap d'où à la première éclaircie on aurait pu voir nos signaux, le *Pourquoi Pas?* a fait entendre son sifflet dans la brume et les neiges. Habilement et heureusement conduit par Bongrain secondé de Rouch, il est venu nous tirer d'affaire.

Malheureusement, au retour, le bateau s'est échoué avec une grande brutalité sur un des innombrables récifs à fleur d'eau. L'arrière était dans l'eau à marée basse, il a fallu décharger le bateau. Au bout de trois jours et

trois nuits de travail nous sommes arrivés à le déséchouer, mais nous avons laissé sur le rocher un gros morceau de notre avant, la quille enlevée jusqu'à la rablure. C'est avec le bateau dans cet état que nous avons accompli toute notre expédition.

De Petermann nous sommes partis vers le Sud, longeant la côte, complétant la carte du *Français*. Nous avons retrouvé la baie signalée par *Penditon* (baleinier américain), puis découvert au nord de l'île Adélaïde une grande baie que nous avons appelée depuis baie Matha. Nous avons fait l'hydrographie de l'île Adélaïde qui a une configuration bizarre et curieuse; au lieu de 8 milles de long comme on le croyait, elle en a 70! Au sud d'Adélaïde, dans une région jamais explorée ni vue, nous avons découvert un grand golfe que nous avons baptisé baie Marguerite, où, malgré les récifs et les glaces très compactes, nous sommes entrés, nous amarrant à la banquise, près d'une petite île que j'ai appelée l'île Jenny (la femme de Bongrain). Là nous nous sommes mis au travail, mais sans mouillage possible, en lutte perpétuelle avec les ice-blocs, risquant d'être broyés par d'énormes ice-bergs. Nous y avons été en perdition, surtout pendant 4 jours de gros temps. C'est miracle que le bateau ait échappé. Un ice-berg a chaviré auprès de nous; seule une manœuvre rapide nous a sauvés (ceci par beau temps); une embarcation a été broyée et rejetée sur la banquise.

Pendant notre séjour, Bongrain, Gain et Boland ont fait en traîneau une excursion de deux jours, qui a permis de faire l'hydrographie de la côte qui sépare Adélaïde de la terre Loubet. Au sud de la baie Marguerite nous sommes en lutte continuelle avec les glaces, les ice-bergs et les récifs, mais nous découvrons et faisons l'hydrographie de 120 milles de côte inconnue. Après deux essais, nous forçons notre route et atteignons enfin la terre Alexandre Ier, dont nous faisons l'hydrographie, et nous allons ensuite relever cette terre d'un autre point. Quand nous l'avions quittée, il ne manquait qu'un petit coin pour l'avoir complètement, nous avons pu le relever l'été suivant; malgré tous nos efforts nous n'avons pu hiverner en cet endroit. Cela a été mon plus grand désespoir, mais il n'y a qu'une falaise de glace; partant pas d'abri, pas de mouillage. Si nous avions voulu hiverner dans la banquise, ce qui eût été désastreux pour les observations, il aurait fallu nous éloigner de terre pour ne pas être broyé; on ne s'imagine pas ce que sont les ice-bergs et la banquise de cette région. En vain nous avons cherché dans la baie Marguerite, la baie Matha et ailleurs; cependant nous nous serions contentés de bien peu. Alors il a fallu se résigner à revenir à Petermann, ce qui nous permettait, avec une bonne installation, de compléter et amplifier

les observations du *Français*, augmentant ainsi la valeur de l'une et de l'autre expédition. Cette campagne d'été, malgré quelque mauvais temps, a été favorisée par un ciel exceptionnellement clair, de sorte que nous rapportons des photographies, je puis dire de toute la côte, y compris Alexandre Ier, et que nos observations sont des plus exactes. Partout où nous avons pu, il y a eu des travaux et des débarquements; enfin de très nombreux sondages et dragages ont été faits pendant toute la durée de la campagne. La lutte avec les glaces a été très dure, mais le bateau s'est admirablement comporté.

Notre station d'hivernage a été organisée le plus confortablement possible, les observatoires nombreux étaient éclairés par la lumière électrique amenée du bord. Avec la vedette, en trois jours j'ai ramené la maison démontable du *Français* qui a fait un observatoire confortable de plus.

En automne, en vedette et sur les glaciers, nous avons fait de longues et nombreuses excursions. L'hiver a été doux mais affreux. En somme un formidable coup de vent de NE qui a duré neuf mois. Nous n'avons vu le Soleil que 5 jours et la quantité de neige tombée a été formidable. La banquise se disloquait perpétuellement, le passage des icebergs était considérable. Malgré notre abri, les précautions prises, les barrages ont été cassés les uns après les autres; le bateau a été souvent en danger et notre gouvernail a été broyé. Nous en avons fait un autre avec les moyens du bord, en coupant une vergue.

Cet hiver pénible a eu son retentissement sur la santé; plusieurs d'entre nous ont été assez gravement atteints de scorbut, l'un d'eux de myocardite. Ce n'est que la viande de phoque qui nous a tirés d'affaire, quand nous avons pu nous en procurer.

Un raid pour traverser la terre de Graham a été préparé avec beaucoup de soin, je devais le commander, mais j'ai été terrassé par le scorbut; Gourdon m'a remplacé avec Gain, Senouque et les trois matelots Besnard, Aveline et Hervé. Ils ont rapporté de très intéressantes observations, mais sans avoir pu vaincre la vraiment infranchissable muraille à pic de granit et de glace qui part des glaciers et borde la côte partout où nous avons cherché à pénétrer. Nombre d'autres excursions ont été faites.

Avec beaucoup de mal, fin novembre, nous avons pu dégager le bateau. Les glaces, malgré l'hiver doux, probablement à cause de la neige, étaient en abondance considérable, et les difficultés de la navigation augmentées par le nombre phénoménal des ice-bergs. Enfin, après de grands efforts, nous avons pu gagner Déception, où nous avons trouvé les baleiniers gênés par les glaces et le mauvais temps. Nous y avons été admirablement reçus, sur le

vapeur chilien *Gobernador Bories*, par M. Andresen et sa femme. Avec une grande générosité, ils nous ont aidés dans la mesure de leurs moyens et nous ont fourni, d'après les ordres de la Sociedad Ballenera Magellanes, 100^{t} de charbon. Comme notre bateau fait 2^{t} d'eau par heure, le scaphandrier qui chercha à renflouer le vapeur *Telefon* qui s'est échoué l'an dernier, a tenu à examiner notre coque; il n'a pu que constater la gravité de notre avarie de l'avant et quelques avaries de moindre importance. Nous avons rapidement fait quelques installations à terre pour le sismographe, et des dragages en même temps que l'hydrographie. Les naturalistes et les géologues ont pu faire du bon travail. Le temps a été affreux. De Déception j'ai voulu aller à la terre Joinville chercher des fossiles, mais très vite nous avons été arrêtés par les glaces, et, ne voulant pas risquer de compromettre notre campagne au Sud ou de subir dans les mêmes parages le sort de l'*Antarctique*, après une courte lutte, je me suis rabattu sur l'île Bridgeman, où nous avons débarqué, puis sur Admiralty-Bay et la côte Sud des Shetlands, où nous avons fait un très bon travail.

De là nous sommes partis vers le Sud. Le temps tout de suite a été mauvais et sombre, les glaces et les ice-bergs très abondants; néanmoins nous avons pu dépasser toutes les latitudes atteintes au sud-ouest de la terre Alexandre Ier et en terminer la Carte; puis nous avons eu la chance de découvrir une suite de terres nouvelles au sud et à l'ouest de la terre Alexandre Ier, dans un endroit inattendu, résolvant ainsi un problème important. La banquise nous a empêchés d'y aborder, en 1 heure nous n'avancions pas de 10^{m}! Nous avons continué notre route en suivant les variations de la banquise et avons retrouvé bien à sa place l'île Pierre Ier qui n'avait pas été revue depuis que Bellingshausen l'avait découverte. Une tempête nous y a assaillis avec brume; nous avons eu la chance de pouvoir nous diriger parmi les ice-bergs. A partir de ce moment les ice-bergs sont tellement nombreux que j'évalue à plus de 5000 ceux que nous avons vus en moins d'une semaine. Il faut tout le temps être sous vapeur, et sans cesse une brume épaisse à ne pas voir à 15^{m} devant, alternée avec les coups de vent. Néanmoins nous arrivons jusqu'à 126° de longitude, ayant navigué depuis l'endroit d'où la *Belgica* est sortie des glaces entre 69° et 71° de latitude, c'est-à-dire bien au sud de Cook ou de Bellingshausen. Notre provision de charbon était épuisée, la santé de plusieurs devenait un peu alarmante; Godfroy était repris de scorbut. Nous avons donc dû mettre le cap au Nord. Pendant longtemps les ice-bergs ont été nombreux, puis ils ont diminué et enfin nous avons vu le dernier. La traversée de l'Antarctique au cap Pillar a été extrêmement ra-

pide, grâce à une série ininterrompue de grands coups de vent variant de SW au NNW; la mer était énorme. En 10 jours nous sommes arrivés à l'entrée du détroit de Magellan, mais nous y avons reçu un formidable coup de vent de NNW accompagné de temps bouché. Sur la côte nous avons quelques heures d'inquiétude. Grâce aux magnifiques qualités du bateau et à sa très bonne machine aidée de voiles, nous avons pu cependant nous élever au vent et mouiller quelques heures après à la baie Tuesday. L'état de santé des hommes, la nécessité de faire de l'eau douce pour la chaudière, m'ont décidé à séjourner 4 jours dans le détroit. En raison de la mauvaise situation dans la baie Tuesday, nous nous sommes rendus à Puerto-Gallante, où nous avons pu nous procurer de la viande fraîche, quelques légumes et faire de l'eau; les hommes ont pu se reposer. Nous mouillons à Punta-Arenas, où nous avons été admirablement accueillis, après 14 mois d'absence. Pendant cette seconde campagne d'été comme pendant la première, de nombreux sondages et dragages ont été exécutés.

Le bateau à tous points de vue, tant dans les glaces qu'en mer, s'est montré excellent, et nous n'avons pas eu une seule avarie de machine. Pour avoir supporté ce qu'il a supporté, il faut que ce bateau soit d'une solidité remarquable. L'équipage a été parfait. Quant à l'État-Major, c'est à son travail incessant que sont dus les résultats de la mission; le programme scientifique a été scrupuleusement rempli.

M. A. **Lacroix**, à la suite de la communication du Rapport de M. *Charcot*, signale à l'Académie qu'il vient de recevoir une lettre de M. Gourdon, le géologue de l'expédition, qui donne quelques détails sur ses observations géologiques.

Sans compter ce qui concerne les glaciers, l'hivernage à l'île Petermann a permis de compléter les recherches faites par l'expédition précédente et d'effectuer un raid d'une quinzaine de jours sur la Terre de Graham. Là, de même que sur la Terre qui fait suite aux Terres de Graham et de Loubet, où plusieurs débarquements ont pu être opérés, il n'a été rencontré que des granites et des diorites quartzifères. Sur cette dernière Terre, ces roches grenues sont traversées par des filons minces et des dykes de roches volcaniques: des brèches volcaniques ont été observées dans plusieurs îlots. Nulle part il n'a été trouvé de roches sédimentaires.

Plus au Nord, l'expédition a fait des observations et des récoltes nom-

breuses dans les îles volcaniques Déception, Bridgeman et du roi Georges. Les tufs basaltiques de cette dernière île notamment renferment de grosses amygdales de zéolites, de quartz et de calcédoine.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à une place de Membre du Bureau des Longitudes, vacante par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

(Renvoi à une Commission composée de MM. les Membres des Sections de Géométrie, Mécanique, Astronomie, Géographie et Navigation, Physique et de M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, en qualité de délégués de son Département, au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, qui se tiendra à Bruxelles du 14 au 22 mai 1910.

(Renvoi aux Sections de Botanique et d'Économie rurale.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, en qualité de délégués de son Département, au *Congrès international d'Hygiène alimentaire*, qui se réunira à Bruxelles du 4 au 8 octobre 1910.

(Renvoi aux Sections de Médecine et d'Économie rurale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Microbiologie agricole*, par Edmond Kayser. (Présenté par M. A. Müntz.)

2° *Quelques lettres* (1873-1910) *de quelques collègues, Membres de l'Institut de France*, adressées au Dr G.-D. Hinrichs. (Présenté par M. A. Gautier.)

3° *Relazione de la* Commissione reale *incaricata di designare le zone più*

adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 *dicembre* 1908 *o di altri precedenti.* (Adressé par M. Blaserna, président de la Commission.)

4° Le premier fascicule, Tome II, de l'*Étude dynamique des voitures automobiles*, par Albert Petot. (Présenté par M. Darboux.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de* 1909. Note de M. **J. Guillaume.**

On compte 42 jours d'observation dans ce trimestre, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le nombre des groupes est très peu supérieur (50 au lieu de 45) à celui du troisième trimestre, mais leur aire totale est presque double (5508 millionièmes au lieu de 2908).

Trois groupes ont atteint la visibilité à l'œil nu :

Octobre.....	4,4	à — 1° de latitude
Novembre.....	27,9	à —18° de latitude
Décembre.....	31,6	à —16° de latitude

D'autre part, le Soleil s'est montré dépourvu de taches dans deux des jours d'observation (11 et 12 décembre).

En ce qui concerne leur répartition entre les deux hémisphères, on a 1 groupe en plus au sud de l'équateur (26 au lieu de 25) et 4 en plus au nord (24 au lieu de 20).

Régions d'activité. — Malgré un nombre de groupes moindre d'un quart (65 au lieu de 86), la surface totale des facules est peu inférieure à celle enregistrée dans le précédent trimestre (82,3 millièmes au lieu de 89,0). Cette diminution des groupes de facules a été un peu plus forte dans l'hémisphère austral (37 au lieu de 49) que dans l'autre hémisphère (28 au lieu de 37).

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.	Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
Octobre 1909. — 0,00.						Octobre (suite.)					
30- 7	4	3,9		+12	14	5	1	11,4		+ 6	16
28- 9	7	4,2	—13		147	7-18	10	13,2		+10	147
28- 9	7	4,4	— 1		503	14-19	6	13,6	—14		116
5	1	5,1		+ 4	2	11	1	14,0	—18		21
2-11	6	7,3	—13		113	15	1	15,2		+ 5	3
5-16	9	11,0	— 9		400	13-14	2	19,1	—17		7
13-16	4	11,2		+11	17	15	1	20,0	—18		3

Tableau I. — *Taches* (suite).

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
			Octobre (suite).		
14-25	11	20,7	— 5		126
21-22	2	26,1		+ 8	8
23-30	3	28,6		+ 6	53
23-30	3	29,6		+ 8	31
25- 6	4	31,4		+ 2	107
25- 6	4	31,5	—14		125
	19 j.		—12°,2	+ 7°,2	
			Novembre. — 0,00.		
5- 6	2	3,5	—13		8
5- 6	2	3,7		+13	23
5- 6	2	6,1	— 5		171
5- 6	2	8,3		+12	26
5- 6	2	9,6	—15		31
14	1	11,6		+ 4	24
14	1	15,1		+16	25
22	1	17,1		+14	71
14-22	2	17,2	— 6		164
22-23	2	22,8		+ 8	83
22-29	4	26,8	—13		199
22-23	2	27,5	—18		16
			Novembre (suite).		
28- 3	4	27,9		+14	850
22- 3	6	28,0	—13		141
	7 j.		—11°,9	+11°,6	
			Décembre. — 0,13.		
28- 4	5	2,1		+ 4	17
28- 5	6	3,2	— 4		24
1- 8	5	5,0	—12		200
13-23	5	19,0		+13	220
21-23	2	20,4	—15		66
26	1	22,1		+11	31
17	1	32,3		+ 4	58
21-29	4	24,0	—13		86
21-30	5	24,9	—12		142
21-30	5	25,1		+15	119
29-31	3	26,5	—14		24
23	1	28,4	— 3		35
23-31	5	29,0		+ 9	159
26	1	30,6	—15		3
29-31	3	30,8		+10	16
26-31	4	31,6	—16		514
	16 j.		—11°,6	+ 9°,4	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1909	Sud. 90°.	40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	»	7	3		10	10	8	2	»	»	»		20	1959
Novembre.....	»	»	»	5	2		7	7	2	5	»	»	»		14	1835
Décembre.....	»	»	»	7	2		9	7	4	3	»	»	»		16	1714
Totaux....	»	»	»	19	7		26	24	14	10	»	»	»		50	5508

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1909.	Sud. 90°.	40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	1	»	1	10	3		15	13	6	6	1	»	»		28	34,5
Novembre.....	»	»	»	6	2		8	6	3	3	»	»	»		14	19,4
Décembre.....	»	»	1	8	5		14	9	3	5	1	»	»		23	28,4
Totaux....	1	»	2	24	10		37	28	12	14	2	»	»		65	82,3

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques nouvelles familles de Lamé.* Note de M. J. Haag.

Dans une Note insérée dans les *Comptes rendus* du 22 juin 1891, M. Petot a indiqué comment la recherche des systèmes triples orthogonaux composés de surfaces dérivant de trois d'entre elles par une translation rectiligne continue se ramène à la détermination de certains systèmes sphériques orthogonaux (σ), caractérisés par un élément linéaire de la forme

$$d\sigma^2 = \frac{\partial\lambda}{\partial u} du^2 + \frac{\partial\lambda}{\partial v} dv^2,$$

où les variables u et v sont convenablement choisies. (Nous leur donnerons le nom de *variables canoniques.*)

Ce géomètre signale comme système (σ) particulier le système des *ellipses et hyperboles homofocales* et celui qui se compose de *deux familles de cercles orthogonaux*. Comme il n'a rien publié à ce sujet, je me suis proposé d'étudier ces systèmes particuliers, tout en les généralisant. J'ai été conduit aux résultats suivants.

I. *Systèmes* (σ) *comprenant une famille de petits cercles.* — On trouve d'abord que les plans de ces petits cercles doivent être parallèles à une même droite, Oz par exemple. A part cela, ils peuvent être choisis arbitrairement, de sorte que si $\cos\rho$ et λ désignent les coordonnées polaires dans xOy du centre d'un quelconque des petits cercles, ρ est une fonction arbitraire de λ. On sait qu'à toute direction OT correspond une surface S et une seule (à une homothétie près), qui admet (σ) pour représentation sphérique de ses lignes de courbure et qui engendre une famille de Lamé dans une translation parallèle à OT.

Pour que la surface S soit un périsphère, il faut et suffit que la direction OT soit perpendiculaire à Oz. La surface S_1 qui correspond à Ox, par exemple, a pour équations

$$x_1 = -\sin^2\lambda\cos\mu - \int(\cot\rho\sin^2\lambda + \operatorname{tang}\rho\cos^2\lambda)\,d\lambda,$$

$$y_1 = \sin\lambda\cos\lambda\cos\mu + \int\cot 2\rho\sin 2\lambda\,d\lambda,$$

$$z_1 = \sin\lambda\cos\mu,$$

où μ désigne une variable auxiliaire qui a une signification géométrique très simple.

Sur ces équations on reconnaît facilement les différentes propriétés des périsphères signalés par M. Maurice Lévy (*Journal de Liouville*, 1892, p. 351).

On a des équations analogues pour la surface S_2 qui correspond à Ox. Quant à la surface S_3 relative à Oz, c'est la surface de Joachimstal la plus générale engendrée par le mouvement de verrou d'une tractrice autour de sa base (on retrouve ainsi un résultat de notre Note du 3 août 1908).

La surface S qui correspond à une direction OT quelconque se déduit, suivant une règle très simple, des surfaces S_1, S_2, et S_3 par composition géométrique.

Enfin les variables canoniques, qui permettent d'avoir sans calcul les équations du système triple orthogonal, sont données par les deux quadratures

$$v = -\int \frac{d\lambda}{\sin\rho\cos\rho}, \qquad u = \log\operatorname{tang}\frac{\mu}{2} - \int \cot\rho\, d\lambda.$$

Un cas particulier intéressant est celui où les deux familles de (σ) sont des petits cercles, cas signalé par M. Petot. Il suffit de supposer dans ce qui précède

$$\cos\rho = K\cos\lambda \qquad (K = \text{const.}).$$

On obtient des résultats élégants, que le manque de place nous empêche de donner.

II. *Systèmes* (σ) *isothermes*. — Il y en a de quatre espèces différentes :

1° *Système de deux familles de cercles*. Il vient d'être étudié;

2° *Système orthogonal de loxodromies*. Les systèmes triples orthogonaux correspondants coïncident avec ceux obtenus dans (I), dans le cas où *les plans des petits cercles enveloppent un cylindre de révolution d'axe* Oz.

3° *Projection stéréographique des courbes du plan des* xy qui ont pour équations polaires

$$\rho^m \cos m\omega = \text{const.}, \qquad \rho^m \sin m\omega = \text{const.}$$

Les systèmes correspondants coïncident avec ceux de (I) dans le cas où *les plans des petits cercles enveloppent un cylindre à base épicycloïdale ou hypocycloïdale*.

4° *Ellipses et hyperboles homofocales*. — Parmi les familles de Lamé correspondantes, citons la suivante :

$$u = e^x(\cos by - \cos cz),$$

les constantes b et c étant liées par la relation

$$\frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} = 1.$$

Le système triple orthogonal correspondant à des équations de la forme suivante :

$$X = 2i\rho \sin 2\varphi + \cot\varphi \log(\operatorname{sn}^2 v - \operatorname{sn}^2 u),$$

$$Y = \frac{1}{\sin\varphi} \log \frac{\operatorname{dn} v - \operatorname{dn} u}{\operatorname{dn} v + \operatorname{dn} u},$$

$$Z = -i \log \frac{\operatorname{cn} v - \operatorname{cn} u}{\operatorname{cn} v + \operatorname{cn} u},$$

où l'on a posé

$$u = \rho_1 - \rho, \qquad v = \rho_2 - \rho,$$

et où $\sin\varphi$ désigne le module de la fonction sn.

III. *Systèmes* (σ) *représentations sphériques de surfaces à courbure totale constante.* — La détermination des éléments linéaires de ces systèmes se fait comme celle des systèmes isothermes. Malheureusement, à part un cas particulier déjà connu, nous n'avons pu obtenir leurs équations finies. Nous nous contenterons de citer le suivant.

Si l'on pose

$$\alpha = u^2 - v^2,$$

et si ω satisfait à l'équation différentielle

$$\alpha \frac{d^2\omega}{d\alpha^2} + \frac{d\omega}{d\alpha} = \frac{\sin\omega\cos\omega}{4},$$

on a

$$d\sigma^2 = \sin^2\omega\, du^2 + \cos^2\omega\, dv^2.$$

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une transformation des fractions continues arithmétiques.* Note de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

1. Étant donné le développement d'un nombre irrationnel $\frac{\alpha}{\beta}$ en fraction continue, on peut, dans certains cas, en déduire par des opérations arithmétiques simples le développement du nombre $\frac{A\alpha + A'\beta}{B\alpha + B'\beta}$, A, B, A′, B′ étant des entiers et le déterminant $K = AB' - BA'$ étant différent de zéro.

Étant donnée une telle transformation, on peut d'abord la décomposer en un produit d'une transformation modulaire (qui ne changera que les premiers quotients du développement) et d'une transformation définie par le Tableau à coefficients entiers

$$(1)\qquad \begin{matrix} a & -x \\ 0 & b \end{matrix}$$

avec les conditions

$$ab = K, \qquad 0 \leqq x < b.$$

Je me contenterai de traiter le problème pour cette dernière transformation, en supposant en outre x et a premiers entre eux [1].

2. Soit alors $\frac{\gamma}{\delta}$ le transformé de $\frac{\alpha}{\beta}$, $\frac{\gamma}{\delta}$ étant supposé plus grand que 1 et soit en outre $\frac{\alpha_n}{\beta_n}$ un quotient complet de $\frac{\alpha}{\beta}$. Je supposerai essentiellement qu'on peut trouver un tel quotient supérieur à 2K. On peut écrire la relation entre $\frac{\alpha}{\beta}$ et $\frac{\alpha_n}{\beta_n}$ sous forme d'égalité entre Tableaux

$$\begin{matrix} \alpha \\ \beta \end{matrix} = \begin{matrix} P_n & P_{n-1} \\ Q_n & Q_{n-1} \end{matrix} \times \begin{matrix} \alpha_n \\ \beta_n \end{matrix}.$$

En multipliant à droite par le Tableau (1) on trouve

$$\begin{matrix} \gamma \\ \delta \end{matrix} = \begin{matrix} a & -x \\ 0 & b \end{matrix} \times \begin{matrix} \alpha \\ \beta \end{matrix} = \begin{matrix} a & -x \\ 0 & b \end{matrix} \times \begin{matrix} P_n & P_{n-1} \\ Q_n & Q_{n-1} \end{matrix} \times \begin{matrix} \alpha_n \\ \beta_n \end{matrix}.$$

L'artifice consiste alors à remplacer le premier produit du deuxième membre en se servant de l'égalité

$$\begin{matrix} a & -x \\ 0 & b \end{matrix} \times \begin{matrix} P_n & P_{n-1} \\ Q_n & Q_{n-1} \end{matrix} = \begin{matrix} S & S' \\ T & T' \end{matrix} \times \begin{matrix} a_1 & -y \\ 0 & b_1 \end{matrix}$$

a_1, b_1, y seront déterminés de façon unique par la congruence et les conditions

$$(2)\qquad \begin{cases} (P_n a - x Q_n) y - (P_{n-1} a - x Q_{n-1}) a_1 \equiv 0 & (K), \\ a_1 b_1 = K \qquad (0 \leqq y < b), \end{cases}$$

y et a_1 étant premiers entre eux. Les nombres S, S′, T, T′ seront alors des entiers dont le calcul est facile et sur lequel je n'insiste pas. En posant

$$\begin{matrix} \gamma_m \\ \delta_m \end{matrix} = \begin{matrix} a_1 & -y \\ 0 & b_1 \end{matrix} \times \begin{matrix} \alpha_n \\ \beta_n \end{matrix}$$

---

[1] S'il n'en était pas ainsi, on pourrait la décomposer en un produit de deux autres vérifiant chacune cette condition.

on peut démontrer sans difficulté dans le cas considéré que $\frac{\gamma_m}{\delta_m}$ est un quotient complet, ou une fraction convergente intermédiaire de $\frac{\gamma}{\delta}$. On aura par suite les premiers quotients incomplets en décomposant le Tableau $\begin{matrix} S & S' \\ T & T' \end{matrix}$ en un produit de Tableaux $\begin{matrix} a_0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix}$.

3. On peut appliquer à nouveau le procédé au calcul de $\frac{\gamma_m}{\delta_m}$, il suffit de trouver un nouveau quotient complet $\frac{\alpha_{n+h}}{\beta_{n+h}}$ supérieur à 2K, et ainsi de suite. Le procédé sera indéfiniment applicable et donnera par suite le développement de $\frac{\gamma}{\delta}$ dans le cas où $\frac{\alpha}{\beta}$ a une infinité de quotients complets supérieurs à 2K ou, ce qui revient au même, de quotients incomplets supérieurs à $2K - 1$.

4. Par l'application de cette méthode, j'ai pu démontrer un certain nombre de propriétés et particulièrement les deux suivantes :

a. Si, à partir d'un certain rang, certains quotients incomplets d'un nombre $\frac{\alpha}{\beta}$ se reproduisent périodiquement et si les autres, tout en augmentant indéfiniment ont, relativement à tout module entier, des restes se reproduisant périodiquement, la même propriété est encore vraie pour toute transformée homographique de $\frac{\alpha}{\beta}$ à coefficients entiers et de déterminant différent de zéro (¹). C'est, en particulier, ce qui se produit pour toute fonction homographique de $e^{\frac{1}{\sqrt{n}}}$, n étant un nombre entier. Les quotients incomplets se répartissent alors à partir d'un certain rang en plusieurs progressions arithmétiques.

b. Étant donnés deux nombres $\frac{\alpha}{\beta}$ et $\frac{\gamma}{\delta}$ liés homographiquement, pour n suffisamment grand, à tout quotient incomplet a_n de $\frac{\alpha}{\beta}$ supérieur à $2K - 1$ correspond un quotient incomplet b_m de $\frac{\gamma}{\delta}$ compris entre $\frac{a_n}{K} - 2$ et $K(a_n + 1)$, et réciproquement. En outre, si $\frac{P_n}{Q_n}$ et $\frac{S_m}{T_m}$ sont les réduites précédant ces quotients, dans chaque développement T_m est compris entre $\frac{Q_n}{K}$ et KQ_n, et réciproquement.

(¹) Une propriété analogue a été énoncée par M. Hurwitz (*Vierteljr. Naturf. Ges.*, Zurich, 1896), de même qu'une méthode de transformation différente de celle indiquée dans cette Note.

Il en résulte que : *si un nombre irrationnel* $\frac{\alpha}{\beta}$ *est tel qu'il existe une infinité de nombres rationnels* $\frac{x}{y}$ *vérifiant l'inégalité*

$$\left|\frac{x}{y} - \frac{\alpha}{\beta}\right| < \frac{1}{y^{\omega-\varepsilon}},$$

quel que soit $\varepsilon > 0$ *et seulement un nombre fini vérifiant l'inégalité*

$$\left|\frac{x}{y} - \frac{\alpha}{\beta}\right| < \frac{1}{y^{\omega+\eta}},$$

quel que soit $\eta > 0$, *cette propriété sera encore vraie pour toute transformée homographique de* $\frac{\alpha}{\beta}$. L'ordre de grandeur de l'approximation est donc la même pour les deux nombres.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes liquides.* Note [1] de M. **Hadamard**, présentée par M. H. Poincaré.

Conservant les notations de ma Communication précédente, j'envisage maintenant un liquide qui, au lieu d'être indéfini, est limité par des parois solides données Σ. L'existence et la forme de ces parois interviendront d'ailleurs uniquement par l'intermédiaire de la fonction que j'ai précédemment appelée G.

Mais la recherche de cette fonction et son introduction dans la formule (2) de ma Note précédente sont notablement facilitées par les deux circonstances suivantes, dont l'une a été établie dans le travail précédemment cité [2].

En premier lieu, grâce à la forme plane de la surface libre S, la résolution du problème mixte peut ici se ramener à celle d'un problème hydrodynamique; autrement dit, d'un problème dans lequel les données sont de même nature en tous les points de la frontière.

Soient, en effet, V_1 le volume obtenu en adjoignant au volume occupé par le liquide son symétrique par rapport au plan S; $\gamma(M, P)$, la *fonction de Neumann* correspondante. On aura, simplement,

$$G(M, P) = [\gamma(M, P)],$$

le crochet ayant le sens qui a été indiqué dans la Note précédente.

---

(1) Présentée dans la séance du 14 mars 1910.

(2) *Leçons sur la propagation des ondes*, Ch. II, § 2 (fin).

Le calcul de G pourra donc toujours s'effectuer par la méthode de Neumann. Si les parois ont des directions quelconques, la frontière de V_1 présente une arête anguleuse [1] le long de la courbe C commune à Σ et à S; mais, lorsque les parois sont verticales en chaque point de C, cette ligne anguleuse disparaît et la méthode de Fredholm est immédiatement applicable.

En second lieu, la fonction G relative au liquide limité ne diffère de celle qui est relative au liquide indéfini, c'est-à-dire de la quantité définie par la formule (3) de la Note précédente, que par un terme h analytique et holomorphe par rapport aux coordonnés de M et de P, *même lorsque ceux-ci coïncident*, pourvu qu'ils n'appartiennent pas à la courbe C.

Ce second fait (mais non le premier) s'étend de lui-même au cas où le champ de forces n'est pas uniforme (de sorte que S n'est plus un plan), ainsi qu'il arriverait si l'on voulait appliquer ces considérations à la théorie des marées.

Il est fondamental au point de vue du calcul de $\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$. Il montre, en effet, que, pour obtenir la nouvelle valeur de cette quantité, il suffit d'ajouter au second membre de la formule (4) (voir la Communication précédente) le terme $-\int\int z\frac{\partial^2 H}{\partial n\,\partial n_1}\,dS$ (la dérivée seconde de H étant prise par rapport aux deux déplacements normaux de M et de P).

On achève le calcul sans difficulté dans le cas d'un liquide remplissant un récipient *hémisphérique*, puisque V_1 est alors une sphère pour laquelle la fonction de Neumann est connue.

On reconnaît, sur cet exemple particulier, que $\frac{\partial^2 z}{dt^2}$ est en général (logarithmiquement, *infini* au voisinage de C, même lorsque z est fini. Il en résulte que les solutions *admettent*, en général, *le long de cette courbe*, *des singularités* dont la nature reste à étudier.

Ici encore la question se pose de savoir si z vérifie une équation aux dérivées partielles analogue à (5). En raison des singularités auxquelles je viens de faire allusion, je n'ai étudié cette question que pour une catégorie particulière de solutions z, celles qui sont telles (à l'instant considéré) que $\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$ soit régulier le long de C. On trouve dans cette hypothèse (en dirigeant le

---

[1] C'est la difficulté qui a arrêté M. Vergne (voir p. 55, 72 de la *Thèse* citée). Elle n'est pas essentielle dans notre manière de procéder, la méthode de Neumann continuant à s'appliquer dans les conditions où nous nous sommes placés.

calcul avec les précautions nécessaires)

$$\left(\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}\right) = -G^2\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right) + \int\int z_M K(M, P)\, dS_M,$$

où K(M, P) est une certaine fonction des coordonnées de M et P, symétrique par rapport à ces deux points.

A moins donc que cette fonction K (M, P) ne soit identiquement nulle, ce qui ne semble pas être (sans que j'aie pu jusqu'ici m'en assurer d'une manière rigoureuse, même pour l'hémisphère), z ne vérifie, pour le liquide limité, aucune équation aux dérivées partielles analogue à celle de Cauchy.

J'ajoute que la même méthode permet [à l'aide des formules (¹) qui donnent la variation de G dans une déformation infinitésimale de la frontière] une mise en équation relativement simple des mouvements *finis* de la surface liquide.

PHYSIQUE. — *Sur la biréfringence magnétique et électrique des liquides aromatiques et sur la théorie de l'orientation moléculaire.* Note de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**, présentée par M. J. Violle.

Nous indiquerons dans cette Note quelques résultats nouveaux relatifs à la biréfringence magnétique et électrique des liquides aromatiques. Nous avons en effet poursuivi nos recherches sur ces phénomènes; d'autre part, Skinner et Mc Comb (²) viennent de publier sur le même sujet un ensemble important de mesures.

La biréfringence magnétique et la biréfringence électrique de la nitrobenzine varient suivant la même loi en fonction de la longueur d'onde : nous avons signalé dans une Note antérieure (³) ce fait qui a été confirmé par Skinner et Mc Comb. Ces physiciens ont étendu cette règle à huit autres liquides pour lesquels ils ont pu étudier les deux biréfringences dans l'étendue du spectre visible. On est donc fondé à rechercher dans tous ces cas une explication théorique commune aux deux phénomènes. Nous avons

(¹) Mémoire cité des *Savants étrangers*, t. XXIII, Chap. I.

(²) Skinner, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 541. — Mc Comb, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 525.

(³) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 20 juillet 1908, p. 193.

déjà proposé de rechercher la cause de ces biréfringences dans une orientation (incomplète) des molécules par les champs dans lesquels elles sont placées.

Les résultats de l'étude que nous avons faite des variations de ces phénomènes en fonction de la température viennent à leur tour appuyer cette hypothèse de l'orientation. Nous avons indiqué antérieurement que la biréfringence magnétique de la nitrobenzine décroît quand la température s'élève ([1]). Depuis, nous avons complété cette étude en mesurant sur le même liquide à diverses températures la biréfringence électrique. La variation thermique de ce phénomène est de même sens, du même ordre de grandeur, mais plus rapide que celle de la biréfringence magnétique, comme on le voit par les nombres cités plus loin. Or l'hypothèse de l'orientation rend bien compte tant de l'allure générale des deux phénomènes que de la différence que l'on observe entre eux. D'une part l'agitation moléculaire s'oppose à l'orientation; croissant avec la température, elle fait décroître la grandeur de la biréfringence. D'autre part, si, dans un même liquide soumis successivement à l'action d'un champ magnétique et d'un champ électrique, nous considérons une même molécule anisotrope semblablement placée par rapport aux lignes de force, nous pourrons voir que le couple directeur auquel le champ la soumet ne varie pas notablement avec la température dans le premier cas, tandis qu'il diminue dans le second lorsque la température s'élève. C'est que, au contraire de la perméabilité magnétique, la constante diélectrique du liquide diffère beaucoup de l'unité et varie très sensiblement avec la température.

Nous avons donc été amenés à tenir compte de cette variation : *en divisant les valeurs observées pour la biréfringence électrique par les valeurs de la constante diélectrique relatives aux mêmes températures, on obtient des nombres sensiblement proportionnels aux biréfringences magnétiques.*

C'est ce que montre encore le Tableau que nous donnons ici, et où nous avons fait figurer à la dernière ligne le rapport du quotient de la biréfringence électrique par la constance diélectrique à la biréfringence magnétique. On voit que ce rapport varie peu avec la température. Il faut noter que nous avons dû emprunter à un travail d'Abegg et Seitz les valeurs de la constante diélectrique pour les diverses températures : or ces auteurs indiquent que les mesures de cette grandeur sont difficiles

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 2 août 1909, p. 340.

pour la nitrobenzine; de plus, le calcul des rapports de la dernière ligne du Tableau résulte de la combinaison des résultats de trois séries de mesures indépendantes.

Température	6°	16°	33°	54°
Constante diélectrique (K)	39,38	37,36	34,16	30,59
Biréfringence électrique (β_e)	68	57,6	45,8	37,2
Biréfringence magnétique (β_m)	129	119,5	105,2	90,8
$10^2 \frac{\beta_e}{K}$	172,7	154,2	134,1	121,8
$10^2 \frac{\beta_e}{\beta_m}$	52,7	48,2	43,5	40,9
$10^4 \frac{\beta_e}{K \beta_m}$	133,9	129,0	127,4	133,9

Notons que la considération de la constante diélectrique semble en même temps jeter quelque clarté sur la grandeur considérable du phénomène de Kerr dans la nitrobenzine comparée à d'autres substances aromatiques. Les valeurs de K sont en effet particulièrement élevées pour ce liquide.

L'hypothèse de l'orientation moléculaire produite par une action directrice nous semble donc rendre compte, sinon peut-être de tous les phénomènes de biréfringence artificielle, du moins de ceux dont nous nous occupons ici. La question se pose alors de savoir comment on peut, dans le cas du champ magnétique, expliquer l'orientation moléculaire elle-même en partant des idées actuelles sur la nature du diamagnétisme. Les liquides aromatiques dont il s'agit sont, en effet, diamagnétiques [1]. Or, dans la théorie qu'il a donnée, Langevin [2] ne prévoit d'orientation que pour les molécules paramagnétiques. Mais P. Weiss a attiré notre attention sur ce point qu'on peut prévoir une orientation d'une molécule diamagnétique en supposant que les plans des orbites des divers électrons ne sont pas orientés dans la molécule de toutes les façons possibles, mais que leur ensemble possède une anisotropie caractéristique. Un schéma particulièrement simple est celui de deux électrons seulement décrivant en sens inverse deux orbites circulaires identiques centrées sur une même droite.

Sans entrer ici dans le détail [3], nous signalerons que la considération

---

(1) Pascal, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XIX, 1910, p. 5.

(2) Langevin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. V, 1905, p. 78.

(3) Un travail plus étendu est actuellement à l'impression dans les *Annales de Chimie et de Physique;* la première Partie a paru dans le numéro de février (t. XIX, p. 155).

d'un diamagnétisme anisotrope permet d'expliquer d'autres faits, par exemple la décroissance, observée par Faraday, du couple qui s'exerce sur un fragment de spath d'Islande diamagnétique placé dans un champ quand la température s'élève, et aussi les variations constatées dans divers cas des constantes diamagnétiques avec la température.

Il sera intéressant d'étudier à ce point de vue, à de basses températures notamment, les liquides qui possèdent une biréfringence magnétique bien marquée.

MAGNÉTISME. — *Variation avec la température des propriétés magnétiques du fer dans les champs magnétiques faibles.* Note de M. Ch. Maurain, présentée par M. J. Violle.

Je me suis proposé de chercher comment se comporte, aux températures comprises entre la température ordinaire et la température critique, l'aimantation qu'on obtient en réduisant l'hystérésis pour chaque valeur du champ magnétique et que j'appellerai, brièvement, l'*aimantation anhystérétique*. J'ai naturellement étudié en même temps l'aimantation ordinaire, et l'ensemble du travail constitue une étude des propriétés magnétiques du fer, et de fers plus ou moins carburés, à ces températures dans les champs magnétiques faibles.

Les expériences ont porté surtout sur trois échantillons en forme d'anneau, aimablement préparés par les aciéries et forges de Firminy, et contenant les proportions suivantes (pour 100) de carbone, de manganèse et de silicium :

	C.	Mn.	Si.
A	0,046	0,012	0,006
B	0,180	1,040	0,223
C	0,866	0,25 (env.)	0,22 (env.)

Les mesures étaient faites au galvanomètre balistique ; j'exposerai ailleurs leur détail et la méthode particulière employée pour la mesure au galvanomètre balistique de l'aimantation anhystérétique ; j'indiquerai ici seulement les résultats généraux.

J'ai montré antérieurement que les valeurs de l'aimantation anhystérétique obtenues par différents procédés sont très voisines, mais cependant nettement différentes ; j'ai vérifié de nouveau cette propriété, par une méthode de mesure entièrement différente, et j'ai constaté que les différences s'atté-

nuent aux températures élevées, mais sans disparaître; par exemple, en réduisant l'hystérésis par l'action d'oscillations électriques de haute fréquence, on obtient des valeurs de l'aimantation un peu supérieures à celles réalisées en réduisant l'hystérésis par l'action d'un courant alternatif de fréquence ordinaire. On ne peut donc pas définir ainsi, même dans une région limitée de températures, des valeurs de l'intensité d'aimantation représentables par une fonction bien définie du champ magnétique et de la température. Lorsqu'on étudie la variation de l'aimantation avec la température pour des champs intenses, comme l'a fait P. Curie de 1300 à 25 gauss, l'hystérésis magnétique est sans influence sensible, et les courbes obtenues sont bien définies; pour des champs plus faibles, l'hystérésis prend une importance de plus en plus grande, et les courbes qui paraissent continuer le plus naturellement la série des courbes correspondant aux champs magnétiques élevés, sont les courbes représentant l'aimantation anhystérétique. A la vérité celle-ci n'est pas entièrement définie, d'après ce que je viens de dire, mais les valeurs obtenues par divers procédés de réduction de l'hystérésis sont très voisines, et les courbes relatives à un procédé de réduction quelconque seraient très peu différentes de celles obtennes dans mes expériences; je superposais à l'action d'un champ magnétique constant celle d'un champ magnétique alternatif d'intensité décroissant graduellement jusqu'à zéro.

L'aimantation ordinaire (c'est-à-dire obtenue quand, partant d'une aimantation nulle en champ nul, on produit un champ magnétisant donné) correspondant à un champ magnétique très faible croît beaucoup quand la température s'élève et atteint un maximum très accentué à une température voisine du point critique. L'aimantation anhystérétique, très grande dès la température ordinaire, éprouve des variations relatives beaucoup plus faibles jusqu'à une température peu éloignée de la température critique. Voici, par exemple, pour le fer presque pur A, les valeurs de l'intensité d'aimantation ordinaire I et de l'aimantation anhystérétique I′ pour le champ H = 0,091; on a ajouté les valeurs correspondantes de la perméabilité magnétique μ.

t.....	16°	100°	200°	300°	400°	500°	550°	600°	680°	700°	750°
I.....	10	»	»	16	»	21,7	»	43,5	»	108	166
μ.....	1380	»	»	2200	»	3000	»	6000	»	14900	22900
I′.....	435	470	523	502	465	416	396	424	500	473	»
μ'.....	60000	64800	72200	69200	64100	57300	54600	58500	69000	65200	»
							min.		max.		

Dans ce Tableau se manifeste un minimum de l'aimantation anhystéré-

tique vers 550°; cette particularité est manifestée par l'aimantation anhystérétique correspondant aux champs faibles ou moyens, et par l'aimantation ordinaire dans les champs moyens; elle a été signalée déjà par Morris; elle semble se rapporter à une modification du fer lui-même, car elle n'existe pas du tout pour les échantillons B et C.

Par contre, B et C présentent des particularités intéressantes à des températures beaucoup plus basses. Les courbes représentant en fonction de la température l'aimantation ordinaire de B pour des champs supérieurs à une dizaine de gauss sont très régulières, depuis les températures élevées jusque vers 220° ou 230°; en deçà elles présentent un épaulement bien marqué, qui se retrouve aussi sur les courbes représentant l'aimantation anhystérétique pour les champs plus faibles. Il en est à peu près de même pour C, mais l'épaulement devient ici un maximum très accentué dont la pointe est vers 150° ou 160°, et en deçà duquel l'aimantation décroît plus ou moins rapidement jusqu'à la température ordinaire. Je pense qu'on peut rapporter ces particularités à la variation des propriétés ferromagnétiques de la cémentite, dont M. Wologdine a trouvé le point critique vers 180°.

On peut remarquer l'intérêt qu'il y a, pour déceler les transformations d'un noyau magnétique, à étudier son aimantation dans des conditions variées, certaines particularités n'apparaissant que dans des conditions déterminées.

On considère généralement les propriétés magnétiques des fers et aciers comme peu variables avec la température au voisinage de la température ordinaire. Ces variations peuvent être cependant assez fortes dans certains cas. Par exemple, pour C l'intensité d'aimantation ordinaire varie entre 16° et 100° de 427 à 610 pour $H = 10,95$ et de 164 à 260 pour $H = 7,3$, c'est-à-dire que dans ce dernier cas la variation relative de l'intensité d'aimantation est d'environ $\frac{7}{1000}$ par degré à la température ordinaire.

J'indiquerai encore que des mesures analogues aux précédentes, faites sur un faisceau de fils de fer fortement carburés par cémentation, ont révélé une dépression extrêmement accentuée des propriétés magnétiques dans les champs faibles autour de 580°, et seulement dans un intervalle de quelques dizaines de degrés; les valeurs de l'intensité d'aimantation s'abaissant jusqu'au tiers ou au quart, par exemple, des valeurs correspondant aux températures un peu plus basses ou un peu plus hautes.

Vers la même température l'aimantation présente au contraire une surélévation légère, mais très nette, pour des champs magnétiques assez intenses.

Les résultats indiqués ici correspondent tous à des variations lentes de la température (10 à 11 heures entre la température ordinaire et le point critique pour A, B, C, un peu moins pour l'autre moyen magnétique), j'exposerai dans le Mémoire où je donnerai le détail des mesures, les différences observées à la chauffe et au refroidissement, différences peu importantes pour A, B, C, mais importantes pour l'autre noyau, ainsi que les résultats d'expériences relatives au rôle de la vitesse des variations de la température.

PHYSIQUE. — *Phénomène de l'extinction du son dans le fer.* Note de M. **Robin**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Si l'on suspend une tige de fer en un point voisin d'un nœud de vibration, on obtient en la frappant un son musical, accompagné dans les barres suffisamment longues d'un son grave, sourd et très faible.

Le son principal est le plus pur en suspendant la tige en un point situé au quart ou au tiers de sa longueur environ.

Cinq aciers relativement très purs (montrant au microscope une quantité très faible de scories), recuits, de teneur variable en carbone, de teneur à peu près égale en autres éléments, ont permis de faire les constatations suivantes :

A la température ambiante, la hauteur du son émis par des barres de dimensions égales semble varier en sens inverse de la teneur en carbone. La différence des sons étant faible, il est indispensable pour l'apprécier d'avoir une ouïe très sensible. Toutefois les battements qui prennent naissance par la vibration simultanée de deux tiges voisines s'entendent très nettement et seraient un guide assez bon dans la classification des aciers par cette méthode.

Lorsque la température croît, à partir de la température ambiante, la hauteur du son diminue d'une façon qui paraît régulière.

L'intensité du son diminue rapidement.

Dans le fer et les aciers peu carburés, le son s'éteint complètement un peu avant 100° ; on n'entend alors qu'un bruit.

Si la température augmente, le son reparaît vers 150°.

L'intensité du son passe par un maximum, puis diminue pour s'éteindre au rouge naissant. A cette température tous les métaux paraissent se comporter de la même manière.

L'anomalie constatée dans la variation du son en fonction de la température paraît être spéciale au fer et peut-être au nickel.

Les températures d'aphonie de l'acier varient suivant la teneur en carbone; le début et la fin du phénomène ont été appréciés à l'oreille. Leur détermination exacte est difficile, car le phénomène est progressif. On peut considérer que l'aphonie est complète entre 95° et 145° pour l'acier à 0,2 de carbone, et entre 85° et 120° pour l'acier à 0,45 de carbone.

Ces points semblent se déplacer légèrement vers les températures décroissantes en fonction de la teneur en carbone.

Dans un acier à cémentite libre, à 1,3 de carbone, le phénomène n'a pas été observé; le son a présenté une intensité normale jusqu'au rouge.

Ce qui a été dit se rapporte au son principal. Le son grave des barres assez longues, très faible et semblable à un bourdonnement, s'entend encore quand le son principal a disparu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les lois de la combustion à marche convergente.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Troost.

De nouvelles observations me permettent de préciser la nature de ce mode de combustion que j'ai déjà fait connaître dans diverses Notes (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 292, et t. CXLIX, p. 924).

Ce phénomène étant d'ordre catalytique, on pourrait penser que le courant gazeux amenant les molécules au contact avec le fil de platine, ce contact suffit pour que la combustion et, par suite, l'incandescence puissent se maintenir et qu'il est inutile d'admettre l'attraction des molécules; mais le même phénomène a lieu quand on introduit le fil de platine, préalablement chauffé, dans une éprouvette contenant un mélange de gaz combustible et d'air, que cette éprouvette soit tournée en haut ou en bas. Dans cette éprouvette, le courant gazeux n'existe pas; il n'y a d'autre mouvement que celui du remous du gaz provoqué par le phénomène lui-même.

En outre, si la combustion n'était due qu'au simple contact, plus la surface du fil de platine serait développée, plus serait grande la chaleur et plus vif serait l'éclat. Or, c'est précisément le contraire que l'on observe.

L'expérience se fait commodément avec un brûleur Bunsen, muni d'un verre de lampe terminé aux deux bouts par des feuilles de mica repliées, qui résistent à la chaleur sans se briser. Le brûleur étant ouvert et convenablement réglé, j'introduis successivement dans le verre des fils de platine de différentes grosseurs : chacun d'eux prend un éclat qui reste fixe, si la composition du courant gazeux ne varie pas. Le fil de 1^{mm} de diamètre est simplement rouge, faiblement éclairant; celui de $0^{mm},5$

devient rouge vif, celui de $0^{mm},2$ devient blanc éblouissant et celui de $0^{mm},1$ plus vif encore. *L'intensité de la combustion par incandescence est donc en raison inverse du diamètre des fils*, et ce phénomène est en tout semblable à celui d'une lampe électrique [1] qui, pour un même courant, donne d'autant plus d'éclat que le filament est plus fin.

J'ai varié beaucoup les expériences; j'ai remplacé les fils de platine par des plaques de platine contournées en cylindre, et j'ai remarqué que celles-ci rougissaient d'autant plus que la paroi du verre était à une certaine distance de la leur, 5^{mm} par exemple. La convergence serait donc sensible à une distance de 5^{mm} pour la combustion convergente au rouge simple. Je ne puis rendre compte ici de toutes ces expériences.

J'ai déjà signalé ce fait que l'éclat de l'incandescence dépend de la composition des mélanges gazeux (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 292); il n'existe pas seulement pour le gaz d'éclairage, mais aussi pour tout autre gaz ou vapeur combustible. L'analogie du phénomène de l'incandescence par combustion convergente et de l'incandescence par courant électrique se poursuit donc entièrement; de même que l'incandescence électrique dépend de la tension du courant ou voltage, de même *l'incandescence catalytique est en rapport avec l'intensité explosive du mélange gazeux*. Elle permet même de mesurer celle-ci par les variations de l'éclat du fil et, en tout cas, de suivre incessamment les variations de composition du courant gazeux où elle a lieu.

Enfin la combustion convergente dépend de la nature du filament qui devient incandescent. Il n'est pas nécessaire que ce soit un fil de platine; la plupart des substances inoxydables la provoquent également, mais à des températures bien supérieures à celle où elle est amorcée par le platine. Ce métal n'a même pas besoin d'être chauffé au rouge pour devenir incandescent, quand il est plongé dans un mélange gazeux explosif; je n'ai pas déterminé la température suffisante pour l'amorçage, mais j'estime qu'elle doit être comprise entre 400° et 500° seulement. Si la température du fil n'est pas spontanément entretenue et si elle baisse au-dessous de ce minimum, l'incandescence cesse aussitôt. Il faut porter les autres substances au rouge vif pour qu'elles puissent déterminer le phénomène; le nickel, parmi les métaux communs, est peut-être celui qui, après le platine, exige la tem-

---

[1] J'ai contourné un fil de platine de $0^{mm},2$ de diamètre en lui donnant la forme d'un filament de lampe électrique; je l'ai introduit ensuite dans le verre du brûleur; il a donné ainsi l'apparence d'une lampe électrique allumée.

pérature la moins élevée. Il faut en outre que les substances soient réfractaires à la température où les porte la combustion par incandescence.

Les faits que je viens d'établir trouvent leur application dans les appareils d'incandescence par le gaz ; en effet, le brûleur de ces appareils est réglé de manière à donner spontanément un mélange contenant 15 à 18 pour 100 de gaz, proportion du maximum d'intensité explosive, puis les oxydes qui composent les manchons sont extrêmement réfractaires; enfin, M. Auer a reconnu, il y a longtemps, que l'intensité de l'éclat dépendait de la finesse du tissu constituant le manchon, finesse que l'on ne peut pousser trop loin en raison de la fragilité. La combustion du gaz par le manchon Auer est bien un phénomène de combustion convergente et non une combustion par flamme, car son spectre examiné au spectroscope ne présente aucune raie, tout comme les solides incandescents. Il en est de même des fils de platine incandescents : leur spectre est continu tant que la flamme ne s'est pas allumée, mais quand l'allumage a eu lieu les raies apparaissent immédiatement. C'est, du reste, au moyen d'un fil de platine que l'on opère dans les méthodes d'observations spectroscopiques pour la recherche des métaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrolyse fluorhydrique de la cellulose.* Note de MM. **J. Ville** et **W. Mestrezat**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis les travaux de Braconnot sur l'hydrolyse sulfurique de la cellulose, de nombreuses recherches ont été entreprises à ce sujet, en vue de transformer la cellulose en alcool. Mais ces recherches, effectuées avec différents acides minéraux, n'ont jamais donné plus de 25 pour 100 de la quantité théorique d'alcool.

Comme l'acide fluorhydrique paraît exercer une action moins destructive que les autres acides minéraux sur certaines molécules organiques, tout en possédant une action hydrolytique très énergique, nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant d'étudier l'action hydrolytique de cet acide sur la cellulose.

Nous avons employé, à cet effet, une marmite en plomb munie d'un réfrigérant ascendant de même métal, appareil analogue à celui utilisé par MM. Hugounenq et Morel dans leurs travaux récents sur l'hydrolyse fluorhydrique des matières protéiques.

Dans ces premières recherches, dont nous indiquons ci-dessous les

résultats, nous avons fait agir l'acide sur la cellulose, de préférence du papier Berzélius, à la température du bain-marie bouillant et dans des conditions variables de dilution et de durée.

Nous avons ainsi constaté que l'acide fluorhydrique, à des dilutions variant de 0,5 à 30 pour 100, agit assez faiblement sur la cellulose. C'est ainsi que, dans l'une des opérations, 20^g de cellulose, après 38 heures de chauffe avec 300^g d'acide à 30 pour 100, n'ont donné que $3^g,20$ de glucose. La détermination du glucose était faite à l'aide de la liqueur de Fehling, après neutralisation et décoloration au noir animal.

Avec de l'acide fluorhydrique plus concentré, acide à 40 et 50 pour 100, le rendement est bien plus élevé. Mais à cet état de concentration, l'acide exerce une action destructive assez rapide sur le produit de l'hydrolyse : la préparation prend une coloration brune, qui va en s'accentuant, et l'on observe même, après un certain temps, la formation de croûtes noirâtres. Nous avons, du reste, directement constaté cette action destructive secondaire, en faisant agir, dans les mêmes conditions, de l'acide fluorhydrique à 50 pour 100 sur du glucose. Cette destruction du glucose est très importante et s'accentue avec le temps de chauffe. C'est ainsi qu'en opérant sur 20^g de glucose, nous avons noté, après 6 heures de chauffe, la disparition de 53,5 pour 100 de ce corps, et cette disparition a atteint 78 pour 100 après 12 heures.

On s'explique ainsi les variations que nous avons observées dans la courbe de transformation de la cellulose en glucose ; cette courbe, après s'être élevée assez vite, s'abaisse de plus en plus avec la durée de l'opération, la transformation présentant un maximum après 5 ou 6 heures.

Dans une opération effectuée avec de l'acide fluorhydrique à 50 pour 100, nous avons obtenu, après 6 heures, un rendement de 41^g de glucose pour 100^g de cellulose sèche. Ce rendement est notablement supérieur à ceux réalisés jusqu'ici, et nous pensons qu'il pourra s'élever encore en opérant dans des conditions de technique convenable.

Nous cherchons actuellement à établir ces conditions et en particulier à éviter l'action destructive de l'acide fluorhydrique sur le produit de l'hydrolyse. Nous pensons y arriver en faisant agir, par exemple, l'acide fluorhydrique sur la cellulose d'abord à l'état concentré, puis à l'état dilué, ou en soumettant cette substance à l'action successive des deux acides fluorhydrique et sulfurique à des concentrations différentes, autrement dit en nous plaçant dans des conditions de tel ordre que l'action hydrolytique de l'acide fluorhydrique s'exerce sur de la cellulose préalablement désagrégée dans sa complexité moléculaire par une action appropriée.

C'est dans cette voie que nous dirigeons actuellement nos recherches.

BOTANIQUE. — *Sur une variété instable de Nigelle*, Nigella damascena cristata, *obtenue après une mutilation*. Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note antérieure [1], j'ai décrit les caractères et le mode d'apparition d'une forme nouvelle de Nigelle, *Nigella damascena polycephala*, caractérisée par la persistance, dans les semis, de fascies de fleurs apparues après une mutilation. Dans le même lot de plantes et par suite des mêmes circonstances est née la forme *Nigella damascena cristata* qui présente, à un degré plus accentué encore, la multiplication des carpelles accompagnée d'une dissociation des capsules et, en plus, une distribution tout à fait normale des sigmates qui se transmet par hérédité.

Les Nigelles cultivées dans les jardins pour leurs fleurs et pour leurs graines aromatiques se rattachent à deux espèces botaniques, *Nigella damascena* et *N. sativa*, ayant toutes deux une capsule résultant de la suture des carpelles tout le long d'un axe central. La *N. arvensis*, à fleurs plus petites non entourées d'une collerette de bractées, a des carpelles libres sur la moitié de leur longueur, ce qui la distingue à première vue des espèces précédentes. Les fruits de *N. damascena* sont globuleux, aussi larges que hauts et lisses; les fruits de *N. sativa* sont plus allongés, moins épais; leur surface externe est couverte de mamelons arrondis, irrégulièrement distribués; sous le nom de *N. hispanica*, j'ai reçu, en 1909, un lot de graines qui ont donné des plantes portant des séries de mamelons le long des lignes de suture des carpelles. Dans tous les cas, les stigmates de ces espèces se distinguent facilement des mamelons par leur forme irrégulière, en papilles couvertes d'un liquide visqueux, et aussi par leur distribution le long de la ligne de suture des carpelles qui correspond aux styles allongés, dressés ou enroulés en tire-bouchon selon les espèces.

Le lot de plantes que je désigne sous le nom de *N. damascena cristata* diffère de toutes les espèces de Nigelles décrites jusqu'ici, à ma connaissance, par la présence de papilles stigmatiques, non seulement tout le long de la ligne de suture des carpelles correspondant aux styles, mais encore le long des nervures dorsales des carpelles, où elles constituent des lignes régulières, crénelées, formant une sorte de crête. Par leur constitution anatomique, par l'exsudat qui les recouvre durant toute la période de floraison, ces papilles ne peuvent se distinguer des véritables stigmates. Durant l'été de 1909, j'ai fait de nombreux essais de fécondation par l'intermédiaire de ces papilles surnuméraires, après avoir supprimé, dans le bouton floral non épanoui, les styles des très jeunes capsules; soit que la pluie ait déterminé l'avortement des ovules fécondés ou non, soit que les papilles ne puissent jouer le rôle de stigmate, ces essais n'ont donné aucune graine. Sans préjuger des résultats des essais qui seront repris en 1910,

[1] *Comptes rendus*, 14 février 1910.

la forme *N. damascena cristata* se distingue donc des autres formes de Nigelles connues par les crêtes dorsales des carpelles qui ont la morphologie des stigmates, sans en avoir le rôle physiologique.

Les exemples de crêtes sur les organes foliacés ou floraux sont rares chez les Phanérogames; les plus connus sont ceux de certains Choux d'ornement, rangés dans la catégorie des Choux frisés, et qui consistent en pointes, ou languettes, ou ascidies, ou lames, résultant de la croissance désordonnée et de la ramification anormale des nervures dans des plans différents de celui du limbe de la feuille; ces anomalies du Chou ont été fixées par la culture depuis longtemps, et elles ont été maintes fois signalées [1]. Dans cette catégorie rentre aussi une anomalie partiellement héréditaire des feuilles de *Zea mays*, dont la transmission est suivie depuis 1905 et qui sera décrite à une autre occasion. Chez les Fougères, les variations anormales, connues sous le nom de variétés crêtées, *cristata*, sont les plus répandues (*Nephrodium*, *Polypodium*, *Adiantum*, *Asplenium*, etc.) et elles se transmettent par le semis des spores. En ce qui concerne les carpelles, cette anomalie est extrêmement rare et peut-être unique, à moins qu'on n'y rattache les énations et digitations des carpelles de *Citrus*, décrits sous le nom *Bizarria* [2], ou celles de certains fruits de *Solanum Lycopersicum*. Il est intéressant de remarquer que ces dernières anomalies correspondent toujours à des déformations d'ovaires rappelant les fascies ou les proliférations.

Or les *N. d. cristata* présentent à un degré plus élevé peut-être que les *N. d. polycephala* la multiplication anormale des carpelles avec groupements irréguliers, montrant tous les passages entre les fascies et les proliférations. Sur 123 capsules récoltées au hasard en 1908, la répartition en classes, d'après le nombre des carpelles, donne en effet :

Nombre de carpelles.....	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre de capsules.....	1	12	26	23	50	4	4	2	1

Pour un individu de choix non compris dans ce lot, dont la capsule terminale, dissociée en trois fruits, offrait 13 carpelles, la répartition pour les fruits secondaires et tertiaires était :

Nombre de carpelles.....	5	6	7	8	9
Nombre de capsules.....	1	1	5	11	3

Les mêmes lois régissent la transmission incomplète de ce caractère par hérédité, comme il résulte des cultures faites en 1908 et en 1909, citées déjà dans la Note indiquée plus haut.

Quant au caractère nouveau et spécial à ces plantes d'avoir des crêtes dorsales sur les carpelles, malgré les isolements de deux lots en 1908, de six lots en 1909, dérivant de plantes autofécondées à partir de 1908, je n'ai pu obtenir encore aucune lignée pure. La disjonction en individus à crêtes et en individus sans crêtes peut faire croire

---

(1) O. Penzig, *Pflanzenteratologie*, t. I, p. 260. — O. Masters, *Vegetable teratology*, p. 313, *fig.* 166, et p. 445, *fig.* 210.

(2) O. Penzig, *loc. cit.*, t. I, p. 343.

à l'existence d'un couple de *caractères mendéliens* associés par hybridation dans ces lignées, mais les chiffres fournis ne sont pas suffisamment nets pour être démonstratifs. Il nait d'ailleurs, des individus à crêtes, des plantes n'ayant point de crêtes, comme il résulte des cultures de 1908. Les lots A_1, A_2, provenant de plantes *polycephala* sans crêtes, B_1 et B_2, provenant de plantes polycéphales à crêtes *cristata*, ont donné en effet :

Lots.	Plantules levées.	Tri-cotylées.	Adultes sans crêtes.	Adultes à crêtes.
A_1	85	4	32	7
A_2	72	7	28	13
B_1	42	3	11	24
B_2	37	1	19	12

De la note citée plus haut et des résultats décrits succinctement ici, il résulte que la mutilation, consistant en la section des tiges au ras du sol au début de la floraison, a fait apparaître les caractères anormaux de fruits fasciés ou dissociés de la lignée *N. damascena polycephala*, et de crêtes stigmatiques sur le dos des carpelles de *N. d. cristata*, anomalies très rares, parfois réunies, qui se transmettent partiellement aux descendants par voie de semis.

AGRONOMIE. — *L'arséniate de plomb en viticulture.* Note de MM. **L. Moreau** et **E. Vinet**, présentée par M. Schlœsing fils.

Nous nous sommes proposé de rechercher, à la Station œnologique de Maine-et-Loire : 1° quelle quantité d'arséniate de plomb restait sur les grappes après un ou deux traitements à cet insecticide; 2° dans quelle proportion cet arséniate de plomb était éliminé au cours de la végétation ; 3° quelle quantité de ce produit pouvait rester sur les grappes à la vendange et quelle proportion on en retrouvait dans les lies et le vin.

Dans un de nos champs d'expériences, nous avons prélevé, à différentes époques et à chaque fois, de 5 à 10 grappes de raisin, sur lesquelles, le 27 mai puis le 6 juin, on avait pulvérisé, à raison de 1^{hl} pour 1000 souches, une bouillie à l'arséniate de plomb. Cette bouillie, préparée suivant la méthode que nous avons indiquée dans un travail sur la Cochylis, contenait environ 600^g d'arséniate de plomb par hectolitre.

Les grappes, desséchées et fragmentées, ont été épuisées, à plusieurs reprises, par macération avec de l'eau à 15 pour 100 d'acide nitrique pur, exempt d'arsenic. On s'est assuré que l'épuisement avait été complet, en

incinérant ensuite les grappes et en y recherchant le plomb. Sauf dans un cas, et nous en avons tenu compte, l'épuisement avait été complet. Les liquides d'épuisement, amenés à un volume donné, ont été, pour chaque lot, séparés en deux portions : la première a été évaporée à sec, et le résidu incinéré pour la recherche du plomb; la deuxième a été évaporée *presque complètement*, pour la recherche de l'arsenic.

Dosage de l'arsenic. — On a employé la méthode de Houzeau, basée sur la réduction de $AgAzO^3$ par AsH^3, d'après la formule

$$12AgAzO^3 + 3H^2O + 2AsH^3 = 12HAzO^3 + 12Ag + As^2O^3.$$

On a, d'après cette formule, un poids d'argent métal égal à 8,64 fois le poids d'arsenic. Au lieu de doser volumétriquement l'argent non précipité par une solution titrée de NaCl, nous avons : 1° pesé l'argent réduit et défalqué de ce poids celui qu'on obtient dans une opération faite à blanc dans les mêmes conditions, avec les réactifs; 2° dosé, comme vérification, l'argent restant en dissolution, par l'électrolyse. On employait une liqueur $\frac{N}{100}$ de $AgAzO^3$. On s'est rendu compte, au préalable, par des opérations de contrôle, que ce procédé permettait de doser de petites quantités connues d'arsenic de l'ordre de celles que l'on recherchait et de déceler nettement, dans 150^{cm^3} de vin, $0^{mg},016$ de As. On pourrait déceler des quantités plus faibles encore.

Dosage du plomb. — Nous avons employé l'électrolyse pour séparer le plomb. On sait qu'en liqueur acidulée par $HAzO^3$, le plomb se dépose sur l'anode à l'état de PbO^2. Nous avons eu recours à l'appareil de Riche, avec 3 éléments Daniell. Des essais préalables nous ont permis de déceler ainsi jusqu'à $0^{mg},07$ de plomb ajouté, à l'état d'arséniate, à 350^{cm^3} de vin. Le cuivre, en proportion un peu forte, gêne parfois le dépôt de faibles quantités de PbO^2. Il ne nous a gênés que pour la recherche du plomb dans les lies; aussi le chiffre que nous avons trouvé pour le plomb, dans ce cas, doit-il être un peu faible; nous n'avons pu refaire le dosage.

PbO^2, déposé sur l'anode, était ensuite transformé en sulfate et pesé sous cette forme. Nos chiffres ont été calculés en partant du sulfate. En dernier lieu, Pb était caractérisé à l'aide de KI.

Voici, exprimés en milligrammes, les résultats obtenus :

A. Un seul traitement à l'arséniate de plomb, pratiqué le 27 mai :

Prélèvement du 27 mai.

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à As	14,04
$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb	14,20

Prélèvement du 6 juin.

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à As	8,72
$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb	9,10

B. Deux traitements, avec la même formule, pratiqués le 27 mai et le 6 juin :

Au 6 juin (1).

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à As.....	22,76
$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb.....	23,30

Prélèvement du 22 juin.

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à As.....	19,16
$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb.....	20,47

Prélèvement du 2 août.

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à As.....	4,36
$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb.....	5,70

Prélèvement du 14 septembre.

$Pb^3(AsO^4)^2$, pour 10 grappes, correspondant à Pb.....	2,78

C. *Lies.* — Pour 165^g de lies humides :

Arséniate de plomb, correspondant au plomb.....	1,38

D. *Vins correspondants.* — Arsenic, pas trouvé; plomb, pas trouvé (trois recherches).

E. *Vins provenant de vignes traitées avec une bouillie trois fois plus concentrée que la précédente en arséniate de plomb.* — Arsenic (1 échantillon), pas trouvé; plomb (2 échantillons), pas trouvé.

La bouillie contenant un excès de plomb, on trouve naturellement plus d'arséniate de plomb lorsqu'on le calcule d'après le plomb.

Conclusions. — 1° La quantité de $Pb^3(AsO^4)^2$ restant sur les grappes après le traitement, bien que de l'ordre des milligrammes, est élevée, si on la rapporte au poids moyen d'une grappe qui à ce moment-là (fin mai) est très faible, de 1^g à 2^g environ;

2° Cet arséniate de plomb s'élimine en partie au cours de la végétation;

3° Trois semaines ou un mois avant la récolte, on trouve encore de ce poison jusqu'à $0^{mg},27$ par grappe dans notre expérience, ce qui ferait par

(1) A la suite d'un accident, l'analyse correspondant au prélèvement du 6 juin n'a pu être faite; les chiffres indiqués ont été obtenus par le calcul en se basant sur les résultats fournis, le 27 mai et le 6 juin, par un seul traitement.

kilogramme de raisins $1^{mg},68$, le poids moyen d'une grappe de *Chenin blanc* pouvant être évalué, à cette date, à 160^{g} environ;

4° Il doit en rester encore sur les raisins à la récolte, puisqu'on en trouve un peu dans les lies;

5° *Nous n'avons pas retrouvé d'arséniate de plomb dans le vin*; il est éliminé dans les lies et vraisemblablement aussi dans les marcs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la filtration des diastases.* Note de M. **Maurice Holderer**, présentée par M. E. Roux.

J'ai établi précédemment (¹) l'importance de la réaction du milieu sur la filtration des diastases. En alcalinisant de façon que la réaction soit neutre à la phtaléine les diastases de l'*Aspergillus niger* et du malt traversent les bougies de porcelaine, tandis qu'elles sont arrêtées en réaction neutre au méthylorange. Je viens aujourd'hui montrer que la catalase de porc, la pepsine et l'émulsine d'amande précipitée suivent la même règle. Cependant la pepsine, infiltrable à la neutralité au méthylorange, filtre très bien à cette neutralité en ajoutant des sels neutres ou en acidifiant par 2 pour 1000 de HCl. De même l'émulsine d'amandes, mais non précipitée, filtre très bien quelle que soit la réaction, si l'on a eu soin d'enlever les caséines en acidifiant le lait d'amandes par l'acide acétique jusqu'à la neutralité au méthylorange.

I. *Catalase.* — 150^{g} de panne fraîche de porc, passée au hache-viande, sont triturés entre les doigts avec 500^{cm^3} d'eau distillée. Ce liquide est très voisin de la neutralité à la phtaléine. On neutralise une partie au méthylorange, une autre à la phtaléine. On filtre et l'on ramène tous les échantillons à la réaction initiale. On dose l'activité diastasique en ajoutant à froid, à 1^{cm^3} de ces liquides, 5^{cm^3} d'une solution d'eau oxygénée à 2,5 pour 100. On laisse la réaction se faire pendant 9 minutes, puis on l'arrête en acidifiant les mélanges. On dose H^2O^2 restant en ajoutant une solution titrée de $KMnO^4$. Je donnerai ailleurs les nombres obtenus. A la neutralité au méthylorange, le filtrat ne présente que 0,2 pour 100 de l'activité du même liquide non filtré, tandis qu'à la neutralité à la phénolphtaléine 67 pour 100 de la diastase a traversé la bougie. En alcalinisant un peu plus, il est probable que la catalase aurait encore mieux filtré.

II. *Pepsine.* — J'ai pris une pepsine commerciale en paillettes, titre 100 du Codex. La dissolution dans l'eau est presque neutre au méthylorange. J'ai filtré trois solutions. Une neutre au méthylorange, fortement opalescente; une autre franchement acide, contenant 2 pour 1000 de HCl, sensiblement plus limpide, et enfin une troisième neutre

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1153, et t. 150, 1910, p. 230 et 285.

à la phtaléine. Cette dernière était presque limpide. Pour doser l'activité de ces solutions (elles étaient à 1 pour 100 environ), on en fait agir 5^{cm^3} sur 2^g de fibrine desséchée du commerce qu'on a fait gonfler au bain-marie avec 50^{cm^3} d'eau contenant une dose de HCl telle que le tout présente une activité de 2 pour 1000 de HCl. On laisse au bain-marie réglé à 50° et l'on dose après 4 heures et après 17 heures le degré de digestion en mesurant, d'après la méthode de Sörensen (1), avec de la soude, en présence de formol, combien il y a de groupes carboxyles formés. J'ai vu qu'en réaction neutre au méthylorange le filtrat est presque complètement inactif. Mais en milieu franchement acide la pepsine traverse très bien les bougies. Il en est de même en milieu neutre à la phénolphtaléine, mais cette alcalinisation a beaucoup affaibli la pepsine. On peut cependant faire filtrer la pepsine en réaction neutre au méthylorange. Il suffit, comme je l'ai vu, d'ajouter à la solution 1 pour 100 de sulfate d'ammoniaque par exemple. La solution s'éclaircit, et après filtration le liquide s'est montré presque aussi actif que la portion non filtrée.

III. *Émulsine.* — Si l'on triture avec de l'eau de l'émulsine précipitée en poudre provenant d'amandes douces, on obtient une solution opalescente qui, filtrée, est presque entièrement retenue par la bougie, quelle que soit la réaction, mais surtout en milieu neutre au méthylorange.

J'ai alors mieux solubilisé l'émulsine en la triturant avec très peu d'eau et en y ajoutant deux fois et demie la quantité de soude décime nécessaire pour neutraliser la diastase à la phtaléine. Aussitôt la dissolution obtenue, ce qui est très rapide, on étend d'eau pour obtenir une solution à 1 pour 1000 d'émulsine. Cette dilution diminue l'alcalinité par le fait de la dilution et par l'apport de CO^2 dissous dans l'eau. Cette solution suit la règle habituelle : la diastase traverse les bougies en milieu alcalin et elle est retenue en milieu neutre au méthylorange. En tout cas, il ne faut pas prolonger le contact alcalin, car j'ai vu qu'une émulsion traitée par de la soude $\frac{n}{50}$ est rapidement détruite. En 30 minutes, elle perd les $\frac{9}{10}$ de son activité.

L'émulsine d'amandes douces, obtenue en faisant un lait d'amandes, sous précipitation par l'acool, se comporte tout autrement. Ce lait contient beaucoup de caséines végétales précipitables par l'acide acétique par exemple. La précipitation est à peu près complète quand on arrive à la neutralité au méthylorange. Le liquide filtre très bien sur papier. *L'émulsine de ce filtrat traverse les bougies quelle que soit la réaction du milieu.* Si l'on n'ajoute pas d'acide au lait d'amandes, les caséines empêcheront toute filtration des diastases. J'ai vu que le premier filtrat (il est vrai seulement 8^{cm^3} en quelques heures) était complètement inactif (2).

De tout ce qui précède nous voyons que ce n'est pas seulement la réaction du milieu qui intervient dans la filtration des diastases, mais aussi, dans certains cas, l'état de dissolution plus ou moins parfait des substances qui

---

(1) Sörensen, *Comptes rendus Laborat. de Carlsberg*, t. VII, 1907, p. 1.

(2) Ces résultats sont analogues à ceux trouvés tout récemment par Sarthou avec la peroxydiastase du lait de vache. Voir *C. R. Soc. Biol.*, t. LXVIII, 1910, p. 434.

les accompagnent. D'une manière générale, en alcalinisant, on favorisera la dissolution et la filtration des diastases, mais dans certains cas on aura le même résultat par addition de sels neutres ou d'acides. L'aspect extérieur du liquide est parfois un indice pour la filtrabilité d'une diastase, mais il n'est pas absolu. Ainsi une macération de 24 heures d'*Aspergilus niger*, acidifiée par 1 pour 100 d'acide acétique, est très limpide, pourtant elle ne passe pas les filtres de porcelaine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sécrétion normale d'une substance anticoagulante par le foie.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. A. Dastre.

I. Le foie, isolé et lavé, puis soumis au passage du sang artériel normal, sécrète de l'antithrombine. En effet le sang qui a passé à travers le foie dans ces conditions est incoagulable ou ne coagule qu'après de longs retards et possède la propriété d'empêcher *in vitro* le sang normal de coaguler.

Expérience. — On pratique la saignée carotidienne chez un jeune animal (chien de 12^{kg} environ). Dès le début de la saignée on sacrifie l'animal par la section du bulbe; on isole rapidement le foie; on pose une pince sur la veine cave inférieure au-dessous du foie; puis on introduit deux canules, l'une dans la veine porte, l'autre dans la veine cave inférieure en aval du foie.

Pendant que le sang s'écoule encore par la carotide, on fait passer rapidement à travers le foie 10^{l} à 12^{l} d'une solution de chlorure de sodium à 9 pour 100 chauffée à 40°-41°; on a soin de comprimer de temps en temps légèrement les lobes hépatiques pour bien chasser le sang; on pose ensuite des pinces en aval et en amont du foie qu'on abandonne, en place, très légèrement distendu, à la température du laboratoire.

35 minutes après le lavage on fait passer directement à travers le foie ainsi préparé le sang carotidien d'un second chien. Le sang est reçu en aval du foie dans des tubes à essais par échantillons de 20^{cm^3} à 30^{cm^3}; entre chaque prise on comprime le tube d'écoulement pendant quelques secondes de façon à provoquer une courte stase du sang dans le foie. Les deux premiers tubes ne contiennent guère que de l'eau salée.

Résultats. — Tous les échantillons sont restés liquides le premier jour. Le lendemain matin, les échantillons 4, 5, 6, 7 étaient pris en masse; les échantillons 8, 9, 10 et 11 présentaient quelques caillots mous; le soir l'échantillon 8 était pris en masse. L'échantillon 9 était pris en bloc le surlendemain matin.

J'ai mêlé, à volume égal, du sang normal et du sang provenant des tubes 9 et 10. Le mélange n'a coagulé en masse que le lendemain. L'effet anticoagulant n'est pas dû au simple mélange du sang incoagulable à du sang normal, car si l'on mêle du sang défibriné (4^{vol}) à du sang normal (1^{vol}), la prise en masse est instantanée ou tout au moins très rapide. L'action anticoagulante n'est pas, non plus, exercée par l'eau salée. Si l'on mélange, en effet, 1^{vol} de sang normal à 1^{vol} d'une solution de chlorure de sodium

à 9 pour 1000, la coagulation du mélange est plus rapide que la coagulation du sang normal seul. J'ai d'ailleurs constaté que le sang des échantillons 8 et 9 contenait près de 6 millions de globules rouges par millimètre cube et par suite n'était pas dilué. Le sang carotidien du second chien, prélevé en amont du foie lavé, coagulait en 2 minutes. Après la onzième prise, au moment de la cessation de l'expérience, il n'existait aucun caillot dans les canules et le tube de communication. Les prises 10 et 11 ont été faites alors que déjà une pince avait été placée sur la carotide pour interrompre la circulation.

II. Sur le vivant, chez le chien, le sang prélevé directement dans les veines sushépatiques coagule généralement comme le sang qui provient des autres territoires vasculaires ; toutefois j'ai recueilli, dans un cas, chez un chien normal, dans les veines sushépatiques, du sang qui a coagulé seulement plusieurs heures après la récolte. Cette observation est à rapprocher des faits exposés dans la première partie de cette Note et permet de considérer la sécrétion, par le foie, d'une substance anticoagulante comme un phénomène normal dont le déterminisme reste à fixer.

Je rappelle qu'anciennement Lehmann a soutenu que la fibrine se détruit dans le foie. Je crois avoir démontré, contrairement à cette assertion, que la fibrinogène a une origine hépatique ; j'ai prouvé que cette substance disparaît du plasma lorsque les cellules hépatiques sont gravement lésées ou lorsque le foie est excisé. Si donc, dans les conditions normales, le sang sushépatique coagule mal ou ne coagule pas, le fait s'explique, non par une destruction de la fibrine dans le foie, mais vraisemblablement par la présence, dans le sang, d'une substance anticoagulante d'origine hépatique (1).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'isolement d'un sucre biose dérivant de l'amygdaline.* Note de M. **Jean Giaja**, présentée par M. A. Dastre.

Antérieurement (2) j'ai signalé quelques particularités dans la marche de l'hydrolyse diastasique de l'amygdaline par le suc digestif de l'Escargot

(1) On appréciera la différence de ces résultats et de ceux qui ont été obtenus par d'autres auteurs. Delezenne a obtenu, par injection de peptone dans le foie lavé, un plasma qui n'a que quelques-unes des propriétés du sang total du second chien. De même notre expérience étend et explique l'observation de P. Volf. Ce physiologiste a montré la réaction du chien à l'injection intra-veineuse des albuminoïdes isolés de son sérum (1904). Camus et Gley (1904-1905) ont étendu ce résultat au sérum lui-même.

(2) *Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1909.

(*Helix pomatia* L.). Dans ce cas, de même que sous l'action de l'émulsine d'amandes, l'amygdaline donne comme produits terminaux de son hydrolyse, du glucose, de l'aldéhyde benzoïque et de l'acide cyanhydrique, dans les proportions que donne la formule classique

$$C^{20}H^{27}O^{11}N + 2H^2O = CNH + C^6H^5COH + 2C^6H^{12}O^6.$$

Mais ce qu'il y a de particulier, c'est qu'au cours de l'hydrolyse de l'amygdaline par le suc digestif d'*Helix*, on trouve toujours une quantité de sucre réducteur *inférieure* à celle qu'on devrait trouver par rapport à l'acide cyanhydrique et à l'aldéhyde benzoïque, en supposant que la molécule d'amygdaline se désagrège simultanément en les produits de son hydrolyse complète. Tandis que l'acide cyanhydrique et l'aldéhyde benzoïque se trouvent à n'importe quel moment de la réaction diastasique dans la proportion qu'exige la formule énoncée plus haut, le sucre réducteur n'apparaît en proportions théoriques, par rapport à ces deux corps, que lorsque la réaction diastasique est terminée; tout le long de la réaction on trouve un déficit en sucre réducteur, qui est relativement d'autant plus important qu'on se trouve plus près du début de la réaction; à ce moment on peut ne trouver que *le tiers ou le quart* environ de la quantité théorique de sucre réducteur.

Dans le cas de l'hydrolyse diastasique de l'amygdaline par l'émulsine d'amandes, c'est par contre *un excès* de sucre réducteur qu'on trouve au cours de la réaction, ainsi que l'ont démontré Manson Auld [1] et H.-E. Armstrong, E.-F. Armstrong et Horton [2]. Ces auteurs ont trouvé la cause de cet excès de sucre réducteur. L'émulsine d'amandes hydrolyse l'amygdaline en deux temps; dans le premier temps il y a détachement d'une seule molécule de glucose, et il en résulte de l'amygdonitrile glucoside; dans le second temps, l'amygdonitrileglucoside est attaqué à son tour par le ferment et hydrolysé en glucose, acide cyanhydrique et aldéhyde benzoïque.

Pour interpréter les faits que j'ai observés dans l'hydrolyse de l'amygdaline par le suc d'*Helix*, j'ai émis l'hypothèse de la mise en liberté d'un biose contenu dans la molécule de l'amygdaline, au cours de cette réaction diastasique. Dans ce cas aussi, l'amygdaline s'hydrolyserait en deux temps : dans un premier temps il y a mise en liberté d'acide cyanhydrique, d'aldéhyde

---

(1) Manson Auld, *Journal of the Chem. Society*, t. XCIII, 1908.

(2) H.-E. Armstrong, E.-F. Armstrong and Horton, *Proceedings of the Roy. Society*, série B; 80, 1908.

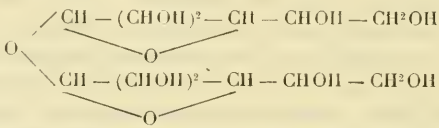
benzoïque et du biose ; dans un second temps le biose est attaqué à son tour et hydrolysé en glucose.

Aujourd'hui il est généralement admis que les deux molécules de glucose, contenues dans la molécule de l'amygdaline, se trouvent sous forme d'un biose réducteur du genre du maltose, dont la fonction aldéhydique serait masquée dans son union avec le reste de nitrile phénylglycolique. On admet cela surtout depuis que Em. Fischer a montré que l'amygdonitrileglucoside, corps résultant du détachement d'une seule molécule de glucose de la molécule de l'amygdaline, n'est pas réducteur.

Le fait que j'ai signalé, savoir que le pouvoir réducteur, au début de l'hydrolyse de l'amygdaline par le suc d'*Helix*, est trois à quatre fois inférieur à celui qu'on devrait trouver théoriquement, s'accordait mal avec l'hypothèse d'un biose *réducteur*, les disaccharides, tel que le maltose, n'ayant pas un pouvoir réducteur inférieur à la moitié de celui du glucose. J'ai pu m'assurer, depuis, que le pouvoir réducteur qu'on constate à n'importe quel moment de la réaction est uniquement dû à du glucose. D'autre part, tout essai pour obtenir une autre phénylosazone que celle du glucose, avec les produits d'hydrolyse incomplète de l'amygdaline, ne me donna que des résultats négatifs.

A présent, je puis affirmer que le biose de l'amygdaline, mis en liberté sous l'action du suc d'*Helix*, est un biose *non réducteur*. J'ai réussi à l'isoler des autres produits qui l'accompagnent au cours de l'hydrolyse de l'amygdaline. Il n'a pas encore cristallisé, et jusqu'à présent je ne l'ai obtenu qu'à l'état sirupeux ou sous forme de poudre amorphe, obtenue en déshydratant le sirop par l'alcool absolu. Voici le principe du procédé qui m'a servi pour l'isoler : on arrête par la chaleur l'action du suc digestif d'*Helix* sur l'amygdaline à un moment des plus avantageux au point de vue du rendement en biose; on se débarrasse du sucre réducteur par la levure de bière, le biose n'étant pas fermentescible ou ne l'étant que très lentement. Ensuite on défèque le liquide, on le concentre dans le vide jusqu'à consistance sirupeuse. Ce sirop, traité par de l'alcool absolu bouillant, donne un précipité abondant qui est ensuite épuisé, à plusieurs reprises, au refrigérant ascendant par de l'alcool à 95° et puis à 90°, pour le débarrasser complètement de l'amygdaline. On obtient ainsi une substance insoluble dans l'alcool fort, très soluble dans l'eau et qui ne réduit pas du tout la liqueur de Fehling. Chauffée avec les acides minéraux dilués, elle se transforme en glucose; de même sous l'action du suc d'*Helix* elle fournit promptement du glucose, mais ne donne ni de l'acide cyanhydrique ni de l'aldéhyde benzoïque.

Ce n'est que lorsque ce sucre aura cristallisé qu'on pourra être fixé sur sa nature exacte d'après ses constantes physiques et la façon de se comporter envers les ferments. Je rappellerai seulement qu'on ne connaît jusqu'à présent qu'un biose non réducteur ne fournissant que du glucose à l'hydrolyse : le tréhalose. On a invoqué l'absence de pouvoir réducteur chez l'amygdaline et chez l'amygdonitrileglucoside pour faire admettre que le biose de l'amygdaline doit être réducteur. Cependant, en attribuant au biose de l'amygdaline une structure semblable à celle du tréhalose



et en supposant qu'il soit uni au nitrile phénylglycolique $C^6H^5 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - CN$ par l'atome de carbone situé à l'extrémité non libre de l'un de ses deux restes de glucose, on obtient une structure de l'amygdaline qui rend compte à la fois de l'absence de propriétés réductrices chez le biose, l'amygdaline et l'amygdonitrileglucoside.

PHYSIOLOGIE. — *L'addition latente et ses rapports avec le paramètre chronologique de l'excitabilité.* Note (¹) de M. et Mme **L. Lapicque**, présentée par M. A. Dastre.

Ch. Richet a montré, en 1877, sur le muscle adducteur de la pince de l'écrevisse, qu'on provoque une réponse si l'on réitère assez rapidement des excitations dont chacune, prise isolément, est inefficace; il a appelé *addition latente* ce phénomène qui, antérieurement étudié sous le nom de *sommation* comme une fonction particulière des centres nerveux, est général dans les tissus irritables (²), mais apparaît tantôt très marqué, tantôt à peine perceptible.

Nous voulons montrer que l'addition latente dépend essentiellement du

(¹) Présentée dans la séance du 14 mars 1910.

(²) Steinach, *Archives de Pflüger*, t. CXXV, 1908.

rapport entre la durée de l'excitation et la constante de temps ou *chronaxie* [1] qui caractérise l'excitabilité de chaque tissu.

Nous limitons notre examen aux muscles, cas plus simple et plus direct que le réflexe, et à l'excitation électrique, seul stimulant maniable avec une précision suffisante.

L'addition latente sur les muscles a été étudiée jusqu'ici exclusivement avec la bobine d'induction; l'onde induite d'ouverture, seule en cause, présente, dans les conditions usuelles, une durée de l'ordre du millième de seconde. Cette durée est déjà longue pour l'excitabilité du gastrocnémien; elle est brève, et parfois très brève pour d'autres excitabilités: c'est avec celles-ci que l'addition latente s'est révélée.

Dans des recherches que nous avons en cours avec Mlle Weill, nous avons observé, sur les différents muscles striés de la grenouille, que l'addition latente, pour les chocs d'induction, augmente systématiquement avec la chronaxie.

Réciproquement, pour un muscle donné, l'addition latente est fonction de la brièveté de l'excitation.

Soit une série de condensateurs de capacités graduées entre 1 microfarad et 1 centième de microfarad. Une force électromotrice constante et réglable peut être appliquée aux extrémités d'une résistance R, sans self ni capacité, de 5000 ohms environ, le circuit étant alternativement fermé et ouvert par un appareil d'horlogerie. Aux deux extrémités de la résistance R sont connectées d'autre part les deux armatures du condensateur; le muscle, ainsi que ses électrodes (d'argent chloruré), est interposé sur l'une de ces connexions avec une résistance complémentaire, telle que la somme, muscle plus résistance, fasse 5000 ohms environ. A travers le muscle ainsi placé, le condensateur se charge au moment de la fermeture du circuit, et se décharge au moment de l'ouver-

---

[1] L. Lapicque, *Définition expérimentale de l'excitabilité* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 24 juillet 1909). La constante de temps peut être mise algébriquement en évidence de la façon suivante, si l'on accepte, en première approximation, la formule de l'hyperbole équilatère pour la loi de l'intensité i nécessaire en fonction de la durée t à laquelle est arbitrairement limité le passage du courant :

$$i = B\left(1 + \frac{\tau}{t}\right).$$

La valeur de τ, ou *chronaxie*, a varié dans nos expériences depuis 3 dix-millièmes de seconde (gastrocnémien de la grenouille verte) jusqu'à 1 seconde (fibres lisses de l'estomac). B est une constante particulière à chaque expérience; elle est donnée expérimentalement par l'intensité liminaire du courant brusque indéfiniment prolongé.

ture. Les formules de ces deux ondes, pour une différence de potentiel V, sont respectivement

$$\frac{V}{R}e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{et} \quad -\frac{V}{2R}e^{-\frac{t}{2RC}}.$$

Au voisinage du seuil, la première est seule efficace, comme l'onde d'ouverture de l'appareil d'induction. Si l'on admet qu'elle est pratiquement terminée pour $t = 2RC$, on voit que sa durée varie de $\frac{1}{100}$ de seconde pour 1 microfarad, à $\frac{1}{10000}$ de seconde pour $\frac{1}{100}$ de microfarad.

Un mécanisme simple permet d'obtenir, dans des conditions identiques, la charge et la décharge, tantôt une seule fois, tantôt six fois de suite, au rythme de 15 ou de 3 par seconde. Nous cherchions dans chacun de ces cas le voltage liminaire; l'abaissement relatif de ce voltage, en passant de l'excitation unique aux excitations répétées, mesure l'amplitude de l'addition latente. Voici quelques-uns de nos résultats :

Capacité en microfarad.	Seuil pour excitation unique.	Seuil pour excitation répétée.	Addition latente pour 100.
Pince d'écrevisse (rythme : 15 par seconde).			
1	4,4	4,0	9
0,1	8,6	5,7	34
Pince d'écrevisse (rythme : 3 par seconde).			
1	3,2	3,2	0
0,1	10,0	9,2	8
Queue d'écrevisse (rythme : 15 par seconde).			
1	2,15	2,15	0
0,2	3,7	3,3	12
0,05	6,5	5,5	18
Muscle columellaire d'escargot (rythme : 3 par seconde).			
1	2,4	1,9	20
0,2	5,6	3,1	40
0,05	14,5	7,0	52
Gastrocnémien de grenouille (rythme : 15 par seconde).			
1	0,38	0,38	0
0,05	0,80	0,80	0
0,01	2,15	1,90	12

Droit intérieur de l'abdomen, grenouille (rythme : 15 par seconde).

0,5	0,38	0,38	0
0,1	0,50	0,50	0
0,02	1,30	1,00	23

Les chronaxies de ces divers muscles présentaient les valeurs suivantes (en millièmes de seconde, chiffres ronds) :

Pince d'*Astacus leptodactylus*	3
Queue d'*Astacus leptodactylus*	1
Muscle columellaire d'*Helix pomatia*	20
Gastrocnémien de *Rana esculenta*	0,4
Droit antérieur de l'abdomen de *Rana esculenta*	0,8

En résumé, l'addition latente ne dépend pas essentiellement de l'aptitude particulière à tel ou tel muscle de sommer des excitations quelconques plus ou moins inférieures au seuil. Dans tous les muscles, l'addition latente tend vers zéro pour les excitations suffisamment durables; elle apparaît quand les excitations sont brèves (et par conséquent intenses) *relativement* à l'excitabilité en jeu; elle augmente avec la brièveté relative de l'excitation [1].

ANATOMIE. — *La partie thoracique du grand sympathique chez les Sauriens.* Note de M. **H.-E. Sauvage**, présentée par M. Edmond Perrier.

Au niveau de la seconde côte, un peu plus haut du côté droit que du côté gauche, le grand sympathique présente chez le Lézard ocellé, contre l'aorte, un gros ganglion qui peut avoir $2^{mm},5$ de long ; ce ganglion se compose de deux renflements de forme ovalaire dont le supérieur est le plus long et le plus gros.

La partie postérieure et interne du ganglion antérieur donne un filet récurrent qui pénètre dans la moelle. Au niveau de la première vertèbre dorsale, du côté externe du ganglion part un filet qui accompagne l'artère axillaire ; ce filet se divise lui-même en deux branches qui se jettent sur les deux premiers nerfs intercostaux.

Chez les *Lézard vert*, *Seps chalcide*, *Gongyle ocellé*, *Uromastix sacanthinus*, ce ganglion est unique, de forme ovalaire, de forme conique chez le *Psudope de Pallas*, oblong chez le *Zonure géant*, plat chez le *Varan du désert*.

---

[1] Les muscles d'Invertébrés, toute chose égale d'ailleurs, présentent peut-être une sommation plus accusée que les muscles striés de Vertébrés.

Après le ganglion le grand sympathique ne tarde pas à se diviser en deux branches; la plus grosse, continuation du ganglion, donne un filet pour le nerf intercostal; l'autre branche se rend à un petit ganglion situé au niveau du quatrième espace intercostal; c'est ce ganglion qui commence la chaîne ganglionnaire.

Au niveau de la sixième paire nerveuse du plexus branchial chez le *Zonure géant* se trouve le ganglion cervical inférieur, la cinquième paire étant obliquement croisée par le pneumogastrique, la carotide, la jugulaire et le rameau cervical du grand sympathique; cette sixième paire reçoit quelques minces filets du ganglion cervical; de la partie inférieure et externe de ce même ganglion part un filet qui se rend à la troisième paire cervicale; un peu au-dessus de cette paire, le grand sympathique présente un faible renflement d'où part un rameau oblique qui se rend à la branche que la neuvième paire nerveuse envoie à la huitième.

Le plexus situé entre la trachée artère, le cœur, les gros vaisseaux, est bien développé chez l'*Amphisbæna alba;* les ganglions qui reçoivent des rameaux du pneumogastrique et du grand sympathique donnent des filets à la trachée-artère, au poumon dans lequel ils pénètrent, à l'aorte, à l'œsophage; ce plexus est formé d'une dizaine de ganglions. Un petit plexus se voit vers la moitié de la longueur du poumon et se rend à l'estomac. Chez *Salvator Merianæ* les filets du médiastin, du bulbe aortique, viennent d'un plexus situé sur la trachée artère et l'œsophage.

Chez le *Varan du désert* on voit quinze ganglions sur l'aorte, dont trois à trois forment deux petits plexus. Chez le *Platydactylus guttatus* les filets du pneumogastrique et du grand sympathique forment un plexus en mailles sur les vaisseaux qui se rendent au cœur ou qui en partent.

MÉDECINE. — *La fièvre de Malte en France.* Note de MM. **Lagriffoul** et **Roger**, présentée par M. A. Chauveau.

La fièvre de Malte, il y a quelques mois à peine, était à peu près totalement inconnue en France. Quelques cas isolés, la plupart de provenance étrangère, avaient bien été signalés depuis décembre 1908, mais il fallut que la maladie éclatât sous formes de véritables épidémies pour que l'attention fût sérieusement attirée sur elle.

A la suite des épidémies de Saint-Martial (Gard) et de Saint-Bauzille de Montmel (Hérault) nous avons entrepris une enquête sur la fréquence de la fièvre de Malte en France. La maladie sévissait-elle seulement sous forme de petits foyers épidémiques, d'importation récente, localisés à ces deux départements? A côté de ces foyers épidémiques n'existait-elle pas, et depuis longtemps déjà, à l'état endémique, en des régions diverses et plus ou moins éloignées.

Nos premières constatations nous permettent d'affirmer que la fièvre de

Malte s'observe fréquemment dans l'Hérault et le Gard. Elle y existe non seulement aux environs immédiats des deux foyers épidémiques cités plus haut, mais encore dans de nombreuses communes situées dans les points les plus divers de ces deux départements. Dans les hôpitaux de Montpellier, la fièvre de Malte, inconnue il y a trois mois, est observée maintenant avec plus de fréquence que la fièvre typhoïde chez des sujets provenant soit de la ville même, soit de localités plus ou moins éloignées.

Bien que notre enquête soit loin d'avoir pu encore s'exercer d'une façon aussi complète en dehors de l'Hérault et du Gard, nous sommes à même d'affirmer l'existence de la fièvre de Malte dans la plupart des départements du Midi, en particulier l'Aude, les Bouches-du-Rhône, le Vaucluse.

La fièvre méditerranéenne, en raison de certaines conditions de climat, serait-elle donc localisée aux départements du Midi? Nous ne le pensons pas. A l'appui de cette assertion, nous dirons que nous venons avec M. Rodet d'en constater plusieurs cas à Lyon, où elle n'avait pas encore été signalée. Divers auteurs en ont cité quelques cas isolés à Paris et dans ses environs. La fièvre de Malte peut donc évoluer en dehors du climat méditerranéen. Maintenant que l'attention a été appelée sur elle, il y a tout lieu de croire que son existence sera constatée dans un grand nombre de régions de la France, voire même dans d'autres pays.

Le diagnostic de la plupart de nos cas a été établi à l'aide de la séro-réaction de Wright.

Tous ceux qui se sont occupés de la question sont unanimes à reconnaître que cette réaction est spécifique et possède une grande valeur diagnostique; c'est aussi la conviction que nous ont imposée nos observations personnelles. Nous ajouterons que nous avons pu dans quelques cas pratiquer l'hémoculture et que nous avons eu l'occasion avec M. Bousquet de faire l'autopsie d'un malade ayant succombé à une fièvre de Malte, à forme atypique, où seule la séro-réaction avait permis de porter le diagnostic. Nous avons trouvé les lésions décrites par les auteurs et isolé le *micrococcus melitensis* de la rate et du foie.

La persistance du pouvoir agglutinatif dans le sérum des malades ayant été atteints de fièvre de Malte nous a permis en outre d'établir l'existence, dans nos régions, de cette maladie à l'état endémique depuis plusieurs années.

Dans beaucoup de cas, nous avons pu retrouver l'étiologie habituelle par l'ingestion de lait de chèvres contaminées. Les brebis, tout autant que les chèvres, peuvent jouer le rôle d'agents infectants. Dans les troupeaux contaminés, les avortements sont fréquents. Nous avons pu observer des réac-

tions de Wright nettement positives chez un certain nombre d'autres animaux domestiques, en particulier les poules, les lapins et les chiens. Dans un assez grand nombre de cas, il nous a été impossible de savoir comment la contamination s'était produite.

Il faut donc désormais compter avec la fièvre de Malte en France. Si elle y a été jusqu'ici méconnue, c'est sans doute à cause de la diversité des formes cliniques qu'elle peut revêtir et qui la faisaient confondre surtout avec la fièvre typhoïde, la grippe et la bacillose.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le rôle de la levure en boulangerie.* Note de M. L. **Lindet**, présentée par M. Schlœsing père.

Le boulanger obtient la levée de la pâte en y introduisant soit du levain, soit de la levure; une technique délicate fixée par une série non interrompue d'observations bien faites lui permet de diriger le développement de la levure, de modérer ou d'exciter tantôt sa fonction reproductrice, tantôt sa fonction zymasique. Il m'a semblé qu'il serait intéressant de contrôler son travail par des méthodes scientifiques.

I. *Mode opératoire.* — Pour mesurer la multiplication de la levure, j'ai eu recours à la numération des colonies cultivées sur gélatine, à 20°, pendant 4 jours, et j'ai rapporté le chiffre obtenu à l'unité de poids de levure ensemencée. Pour estimer la quantité de zymase contenue dans les globules en expérience, je n'ai pas fait agir ceux-ci directement sur le sucre, puisqu'ils se seraient multipliés pendant l'opération; je les ai tués préalablement par l'acétone et l'éther, et j'ai exposé, dans des matras scellés, 24 heures à 30°, la farine qui les contenait au contact d'une solution de glucose; puis, j'ai extrait l'acide carbonique, et j'ai rapporté le volume de celui-ci à $0^g,01$ de levure fraîche.

J'ai d'abord constaté que la quantité de globules contenus dans $0^g,001$ de levure pressée est en moyenne de 5000000; j'ai constaté, d'autre part, que des pâtes prélevées au pétrin, non encore fermentées, renferment à peu près cette quantité par gramme, soit $\frac{1}{1000}$ de leur poids.

II. *Altérations et rajeunissement des levains.* — On sait que le boulanger prélève vers le milieu de la nuit un fragment de pâte, qu'il *rafraîchit* avec des quantités croissantes de farine et d'eau, à deux reprises dans la journée. J'ai reconnu que ce rajeunissement a pour but moins de fournir à la levure de nouvelles quantités de matières alimentaires (l'amidon se saccharifie au cours de la fermentation), que de lui permettre de lutter contre la fermen-

tation bactérienne ou acide, et de diluer une substance toxique que Hayduck a reconnu se former aux dépens des protéides de la farine.

Lorsque la levure épuisée est envahie par des bactéries, elle perd ses propriétés germinatives. Alors que des levains normaux ont fourni de 12000000 à 15000000 de globules par gramme de pâte, colonisant après 4 jours à 20°, des levains acides en ont donné à peine 1000000; puis, lentement; des globules retardataires ont apparu, et, après 8 jours, on en a pu compter de 17000000 à 21000000. Mais ces globules affaiblis n'avaient pas perdu leur zymase, et si l'on rapporte le volume d'acide carbonique dégagé au poids que les globules représentent le quatrième jour, on constate qu'il est 9 fois supérieur à celui que fournit le même poids de levure pressée : $2^{cm^3},9$ au lieu de $0^{cm^3},3$ pour $0^g,01$ de levure. Or on sait qu'un levain très *poussé* assure la levée rapide de la pâte à laquelle on le mélange, mais qu'il n'a pas de *fondation*, c'est-à-dire ne maintient pas la fermentation dans les pâtes consécutives; il épuise en effet son excès de zymase à la première pétrissée et il n'apporte pour les suivantes qu'une levure affaiblie; il convient alors de le rajeunir en l'aérant fortement.

Il faut le rajeunir également pour diluer la substance toxique dont j'ai parlé plus haut; j'ai constaté que l'eau de macération des levains empoisonne de 27 à 77 pour 100 des globules que l'on y a ensemencés.

III. *Conditions de conservation des levains.* — Pour éviter que la levure, sous l'influence d'une fermentation trop active, ne soit exposée aux inconvénients ci-dessus signalés, le boulanger modifie l'hydratation de ses levains, règle leur température, les soustrait au contact de l'air.

Influence de la compacité. — J'ai préparé trois pâtons ($\frac{1}{1000}$ de levure) avec des quantités d'eau croissantes 33, 40, 45 pour 100; au bout de 18 heures à 20°, les globules ensemencés y ont multiplié dans les proportions respectives de 6,5; 12,8; 19,9. D'autre part, les volumes d'acide carbonique dégagés par la zymase se sont montrés d'autant plus faibles que la multiplication a été plus abondante : $2^{cm^3},2$; $1^{cm^3},6$; $0^{cm^3},6$ pour $0^g,01$ de levure; or les boulangers ont remarqué que l'*apprêt* des levains fermes est lent à se produire, que ceux-ci développent bien les pâtes (à cause de leur excès de zymase) et peuvent fournir une longue carrière. La pâte des levains doit toujours être *raide*.

Influence de la température. — Trois échantillons d'une même pâte ($\frac{1}{1000}$ de levure) ont été soumis 18 heures à 20°, 25°, 30°; les globules y ont multiplié dans les proportions respectives de 3,5; 11,8; 21,2. Mais, là encore, la zymase a été sécrétée avec d'autant moins d'abondance que la levure avait proliféré davantage : acide carbonique : 1 ,5; $0^{cm^3},9$; $0^{cm^3},7$ pour $0^g,01$ de levure. Or les boulangers maintiennent leurs levains vers 20°-22° pour éviter une multiplication trop rapide, et pour accumuler de la zymase.

Influence de l'aération. — L'aération des levains au moment de leur fabrication est

utile pour assurer la prolifération de la levure, mais elle n'est pas indispensable, car les cellules de la levure contiennent de l'air. En faisant fermenter un pâton pétri à l'eau de seltz et recouvert d'eau de seltz, j'ai constaté que la levure y avait multiplié après 18 heures à 20° dans la proportion de 5,4, alors que le témoin placé sous une couche d'eau ordinaire, donnait le chiffre de 8,7. Une fois le levain pétri, l'air ne pénètre guère et ne favorise que peu la reproduction. La levure contenue dans un pâton placé 18 heures à 20°, en présence d'un courant d'air humide, a multiplié dans la proportion de 4,4, tandis que le témoin, enfermé dans un vase à couvercle, a fourni le chiffre de 3,5. Néanmoins, pour ralentir la prolifération des globules et éviter de rajeunir le levain dans la journée, beaucoup de boulangers enferment leur levain *chef* dans un étouffoir à fermeture hydraulique.

IV. *Travail sur levure.* — Ce travail est beaucoup plus simple, puisqu'il consiste à pétrir la farine soit avec de l'eau dans laquelle on a délayé de la levure pressée, soit avec une pâte claire additionnée de levure, dite *pouliche*, qu'on a préalablement laissé fermenter. La quantité de levure ainsi ajoutée représente de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de la pâte, et la levure à cette dose massive ne peut guère multiplier. J'ai constaté qu'après un séjour de 18 heures à 20°, des levures introduites à la dose de $\frac{1}{1000}$, $\frac{2}{1000}$, $\frac{4}{1000}$ et $\frac{8}{1000}$ de la pâte prolifèrent dans les proportions de 8,4; 6,4; 3,7; 1,8. S'il y a trop de levure, non seulement les globules ne reproduisent pas, mais ils dépérissent, comme je l'ai vu plusieurs fois dans des pouliches et des pâtes levées. Si, au contraire, il y en a peu, ils multiplient, et j'ai constaté que la levure se répartit ainsi d'elle-même dans la pâte.

GÉOLOGIE. — *Architecture de la partie centrale des monts du Forez.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. A. Lacroix.

Si, dans leur ensemble, les monts du Forez ont une direction sensiblement NS, on doit les diviser géographiquement et géologiquement en deux bandes montagneuses, de direction générale NO, séparées par l'importante dislocation qui s'étend des environs de Cusset (Allier) à Boën (Loire).

Cette dislocation, étudiée récemment par M. Albert Michel-Lévy, détache au NE le tronçon des monts de la Madeleine et leur prolongement septentrional. Le reste du territoire qui domine la Limagne, le synclinal de la Dore, le bassin d'Ambert à l'Ouest et le bassin de Montbrison à l'Est, constitue plus spécialement les monts du Forez.

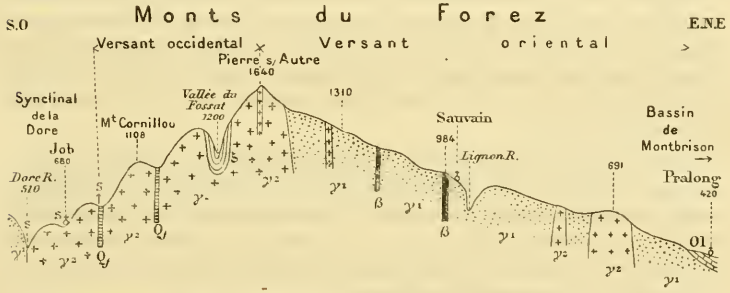
La partie centrale comprise entre Thiers, Ambert et Montbrison est la portion la plus élevée de cette chaîne : c'est également la plus accidentée et

la moins connue. Elle n'a guère fait l'objet, jusqu'ici, que de Notes très sommaires de Grüner et de Le Verrier.

Elle offre également une disposition en bandes et chaînons montagneux de direction NO-SE, jusque vers Saint-Anthême où, sur l'axe orographique qui se prolonge vers Monistrol-sur-Loire, s'en greffe un second NS, s'étendant vers Craponne. Ces deux rides délimitent le bassin hydrographique de l'Ance.

La partie centrale des monts du Forez offre une *dissymétrie géographique et géologique* dont une coupe menée des bords de la Dore : de Job (Puy-de-Dôme) jusqu'au bassin de Montbrison, vers Pralong (Loire), à travers les hauteurs de Pierre-sur-Autre, point culminant de la région (1640^{m}), synthétise, en quelque sorte, les caractères généraux.

Le *Versant occidental* très *escarpé*, offre une série de dômes à pentes raides et il est sillonné par des ruisseaux torrentiels encaissés qui ont donné naissance à des deltas importants.



Coupe à travers la partie centrale des monts du Forez.
γ_1 granite, γ_2 granulite, ζ terrains archéens, Q_f filons de quartz ancien jalonnant des failles, S sources minérales, venues d'acide carbonique, de pétrole; β cheminées basaltiques, Ol oligocène.

Le *Versant oriental*, en raison de son étendue transversale deux fois plus considérable, présente des croupes aux contours émoussés, des pentes plus douces et des cours d'eau d'allure plus tranquille, au moins actuellement. La limite du versant occidental est d'une netteté géométrique. Elle s'établit, entre la Limagne, le synclinal de la Dore et le bassin d'Ambert, le long d'une faille prolongeant celle de Thiers que j'ai pu suivre, au Sud, vers Ambert, et reliée à celle qui a été étudiée par M. Termier, jusqu'à la Chaise-Dieu (Haute-Loire). Cette fracture de 80^{km} de long, au pied de laquelle se sont effondrés les terrains tertiaires et cristallins, a amené la formation d'un escarpement de 100^{m} à 300^{m} de haut qui, sur une portion de son parcours,

fait le pendant de l'escarpement occidental de la Limagne. Elle encadre extérieurement le bassin oligocène d'Ambert, tassé à sa base, et elle est jalonnée par des filons de quartz ancien (permo-triasique), de nombreuses sources minérales, des dégagements d'acide carbonique et, en quelques points, par de faibles vennes de pétrole.

Dans une notable portion de son parcours, cette faille provient manifestement d'une fracture ancienne ayant rejoué au tertiaire (mio-pliocène).

Sur le versant du bassin de Montbrison, il n'existe pas d'escarpement prononcé, sauf en quelques points, ni de faille terminale.

La faille limite occidentale des monts du Forez n'est qu'un élément de la tectonique de cette chaîne, dont les divers chaînons et la plupart des dislocations lui sont généralement parallèles ou perpendiculaires. Le cours des rivières, comme la Durolle, l'Auzon, le Fayé, la Vertolaye, l'Ance, etc., est en grande partie sous la dépendance de ce double système de fractures qui imprime à la chaîne son caractère le plus saillant.

En outre, le versant occidental, des environs de Thiers, à Pierre-sur-Autre et Saint-Martin-des-Olmes, est en grande partie constitué par des *dômes de granulite* qui *s'étagent en gradins*, depuis les bords de la Dore (500^m) jusqu'au delà de l'arête de la chaîne (de 1100^m à 1640^m). Il offre aussi d'importants filons de pegmatite de direction NO et des îlots notables de terrains archéens.

Le versant oriental, par contre, sauf quelques îlots de granulite et de formations archéennes, est entièrement granitique. Mais il est criblé d'*anciennes cheminées volcaniques tertiaires*, qui paraissent alignées également suivant une direction NO, ainsi que le pensait Le Verrier. Aucune éruption tertiaire n'avait été signalée sur le versant occidental; j'y ai découvert une dizaine de pointements basaltiques.

Les deux versants du Forez ont donc été volcaniques dans des conditions analogues aux autres régions de l'Auvergne, mais il y a rareté des éruptions à l'Ouest et abondance à l'Est. Si les volcans du Forez sont aujourd'hui réduits à des cheminées éruptives, c'est que de puissants agents d'érosion dont je parlerai prochainement les ont démantelés.

Tous les caractères des monts du Forez que je viens d'exposer s'expliquent aisément si l'on envisage ce territoire comme formé par un *anticlinal dissymétrique* de direction NO et à grand rayon de courbure, dont les flancs seraient découpés en une série de *voussoirs effondrés vers les régions synclinales* de la Dore et de la Loire.

Cette architecture est semblable d'ailleurs à celle des régions voisines du Massif Central.

GÉOLOGIE. — *Sur des lambeaux de glace fossile en Nouvelle-Zemble.* Note de M. V. Roussanof, présentée par M. A. Lacroix.

Des glaces fossiles ont été trouvées pour la première fois en 1818 par Kotzebue dans le nord de l'Alaska, où elles sont recouvertes par du limon et par des tourbières.

En 1890, von Toll a observé en Nouvelle-Sibérie une couche puissante de glace, recouverte par du sable contenant de nombreux ossements de Mammouths.

Je désire faire connaître l'existence de glaces fossiles dans la Nouvelle-Zemble, où elles n'avaient pas encore été signalées.

En 1909, j'ai pu observer des affleurements de glace limpide, bleuâtre, dépourvue de stratification. Cette glace se trouve dans la partie centrale de la Nouvelle-Zemble, sur la côte ouest, c'est-à-dire sur la côte de la mer de Barentz, tout à fait en amont du golfe Krestovaïa. J'ai vu deux affleurements bien nets. Il y en a d'autres, mais ils sont plus ou moins cachés sous le sol et sous la boue glaciaire. Cette boue est semi-liquide et visqueuse au voisinage de la glace. Elle devient de plus en plus dure et fissurée en s'éloignant de la glace.

Un premier gisement glaciaire se trouve dans la vallée à laquelle mes camarades de la Mission du commandant Benard et moi avons donné le nom de *vallée du Nord*, sur le prolongement du golfe Krestovaïa, à côté d'un lac. On peut poursuivre les affleurements de glace, les éboulements du sol, les fractures et les écoulements de boue sur une longueur de 500^{m}.

Le second gisement se trouve dans la vallée de l'Est, sur le cap Krestovy. Ce dernier gisement est particulièrement intéressant. On peut le suivre sur une longueur de 1^{km} environ.

Vers l'Est, la glace se trouve à l'altitude de 20^{m} au-dessus du niveau de la mer et à la distance d'une centaine de mètres du rivage. Vers l'Ouest, elle s'abaisse très doucement et se rapproche du rivage pour disparaître sous les flots. Dans cette partie basse, occidentale, la glace n'affleure pas, mais on peut se rendre compte de sa direction d'après les fissures, les affaissements du sol et d'après les écoulements de boue glaciaire.

Dans la partie moyenne du gisement la glace a été observée sur trois points.

C'est l'affleurement le plus oriental, qui est le plus élevé et qui est aussi le plus net; son épaisseur est de $1^{m},50$. L'épaisseur réelle de la glace fossile doit être beaucoup plus considérable, mais son soubassement est caché par une couche épaisse de boue. Celle-ci provient de la fusion de la glace et des éboulements successifs du sol qui recouvre la glace fossile.

L'épaisseur de la couche du sol au-dessus de la glace varie de 1^{m} à 3^{m}. Plus loin, ce sol forme des collines dont la hauteur dépasse une dizaine de mètres. Le sol recouvrant la glace est composé d'argile verte, plastique, avec des cailloutis non calibrés, souvent anguleux.

Sur quelques points, j'ai pu observer le passage latéral en zigzag de cette argile glaciaire à un sable fin. Dans le sable j'ai vu des couches nombreuses et très minces de lignite d'environ 1^{cm} d'épaisseur.

L'origine glaciaire de l'argile à blocaux est incontestable; quant au sable, son origine est probablement marine. Je n'ai pas vu, il est vrai, de fossiles marins dans ce sable, mais à sa surface et sur les collines voisines, j'ai ramassé des coquilles de Lamellibranches marins : *Astarte borealis* Chemn., *A. sulcata* da Costa, *A. elliptica* Barown., *Saxicava arctica* Lin., *S. pholadis* Lin., *Mya truncata* Lin., *Macoma calcaria* Chemn.

Ces coquilles sont si bien conservées qu'on ne peut guère douter qu'elles n'aient vécu sur place, et qu'elles n'ont pas été transportées par les glaciers.

La présence de lignite dans ce sable ne contredit pas l'origine marine du sable. Il n'y a aucune preuve de l'existence de forêts quaternaires en Nouvelle-Zemble. Les végétaux qui ont formé ce lignite n'ont pas dû croître sur place; ce sont des bois flottants et des algues, que les vagues rejetaient autrefois sur les côtes; actuellement encore les rivages de la Nouvelle-Zemble sont recouverts par des bois flottants en très grande abondance et par les couches d'algues disposées en longues bandes.

La glace fossile n'a aucune relation avec les glaciers actuels. Son existence prouve que dans la Nouvelle-Zemble la glaciation générale a été suivie par le retrait plus ou moins considérable des glaciers.

Les preuves d'une grande et ancienne extension glaciaire sont innombrables; pour ne mentionner qu'un seul fait, je signalerai à l'extrémité sud-ouest du cap Krestovy des schistes paléozoïques redressés avec surfaces polies et striées par ces anciens glaciers.

L'interprétation des faits observés ne paraît donc pas difficile.

Au moment d'une grande extension des glaciers, une partie de la glace a été recouverte par ses moraines. La glace cachée sous ces dépôts n'a pas fondu après le retrait général des glaciers, la couverture protectrice ayant été perpétuellement gelée comme tout le sol circumpolaire à partir de $0^{m},20$ à $0^{m},30$ de profondeur.

Puis une transgression marine est survenu sur les côtes de la Nouvelle-Zemble et la mer a recouvert la glace fossile en la dotant de nouveaux dépôts protecteurs.

En été l'air peut s'échauffer considérablement; par exemple, en juil-

let 1909, le thermomètre a monté à + 33°C. En même temps la température de la mer n'a jamais dépassé + 7° à la surface. Quant à la température du fond, elle est constante et voisine de — 2°.

Après la régression marine, les glaciers fossiles ont été mis à jour.

Actuellement ils sont cachés en partie sous les eaux, en partie sous les formations glaciaires et marines.

Il ne me reste plus qu'à préciser l'âge de la glace fossile. Je dois dire que j'ai cherché en vain les preuves directes de plusieurs extensions glaciaires en Nouvelle-Zemble; la cause de ces résultats négatifs est due peut-être à ce que les retraits interglaciaires ne sont pas arrivés jusque-là.

On ne peut donc attribuer la glace fossile qu'à des lambeaux des glaciers pléistocènes.

GÉOLOGIE. — *Rôle des dislocations les plus récentes (post-tortoniennes) lors du séisme du 11 juin 1909.* Note [1] de M. J. **Repelin**, présentée par M. Pierre Termier.

La publication dans divers Recueils, par M. Angot, des courbes sismiques relatives au tremblement de terre du 11 juin 1909 m'a permis de poursuivre dans toute la contrée ébranlée les observations que j'avais faites pour la région épicentrale [2]. J'ai pu reporter sur une carte, que je joins à cette Note, le tracé des isosistes, celui des principales dislocations post-miocènes et les limites d'extension de la mer vers la fin du Miocène moyen. L'examen de cette carte présente un grand intérêt. On constate en effet une coïncidence remarquable entre les directions des failles et celles des courbes.

Si l'on s'éloigne de la région épicentrale où le fait est évident, on observe, à l'est et l'ouest du Ventoux, une déviation remarquable. Ce massif, ainsi que les dômes de toute la rive gauche du Rhône, avait acquis sa forme définitive avant la fin du Miocène; il paraît avoir mis obstacle à la propagation du mouvement vers le Nord.

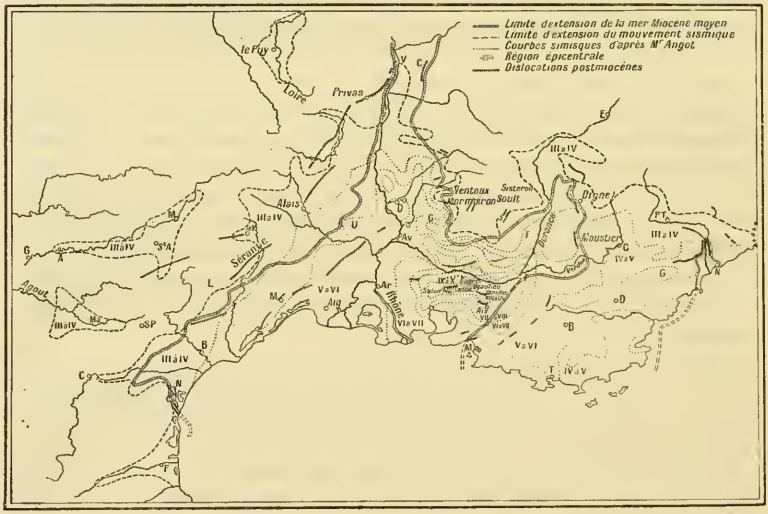
Vers l'Ouest, les failles de Mormoiron, celles que l'on observe à l'est de Chabeuil, toutes celles qui bordent les massifs crétacés, celles dont le Miocène et le Pliocène même sont affectés, aux environs de Montélimar, ont dû faciliter la propagation du mouvement. Sur la rive droite, d'autres accidents à peu près parallèles, entre Livron et Viviers, agissaient dans le même sens. Sur cette rive, les dernières courbes sismiques présentent dans leur ensemble un parallélisme remarquable avec les failles

(1) Présentée dans la séance du 14 mars 1910.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 1023.

nombreuses qui bordent le Plateau central et qui sont postérieures au Miocène ou, du moins, ont rejoué au moment du grand mouvement de bascule qui, vers la fin des plissements alpins, a relevé le Plateau central dans sa partie sud-orientale. Ces failles sont les suivantes :

La faille de Privas, accompagnée des cassures miocènes qui ont amené les épanchements basaltiques des Coirons et des failles de tassement des rivages pliocènes; les dislocations de la région d'Aubenas et des Plateaux des Gras; les failles limites du bassin tertiaire d'Alais, grand synclinal où s'arrête la zone des plissements alpins; celles des environs du champ de fracture d'Anduze qui se continuent jusqu'aux Matelles avec une direction NNE-SSO, parallèle aux courbes sismiques; la grande fracture de la Séranne; les accidents post-mollassiques NNE-SSO qui se montrent au nord-ouest de Montpellier et jusqu'aux environs de Narbonne. Tout se passe comme si le mouvement vers l'Ouest avait été arrêté assez brusquement au contact des plis paléozoïques et dévié vers le Sud-Ouest à la faveur de toutes ces fractures. Il n'y a d'exception que pour certaines vallées privilégiées, hautes vallées du Tarn, de la Loire, de l'Agout, qui toutes ont subi le contre-coup des derniers mouvements alpins.


Limite d'extension de la mer Miocène moyen
Limite d'extension du mouvement sismique
Courbes sismiques d'après M. Angot
Région épicentrale
Dislocations postmiocènes
le Puy
Loire
Privas
Alais
Ventoux
Sorgues
Sault
Digne
Durance
Aoustion
Séranne
Agout
Rhône
Aig
Ar
Ma
Mi
Ma
Ma
Ma

d'effondrement de la région miocène au contact du Jurassique, et dont la direction est parallèle à l'axe du bassin de la Durance. Il semble évident que ce sont ces failles qui ont déterminé la déviation des courbes dans la dépression miocène de la Durance, où le mouvement s'est propagé très loin jusque dans l'Embrunais et le Gapençais.

Vers l'est de la région épicentrale, les failles qui, le long de l'ancienne vallée oligocène de l'Huveaune, jusqu'à Barjols et au delà, ont rejoué à l'époque des mouvements alpins, présentent aussi un parallélisme incontestable avec les courbes VII à VIII et VI et VII et semblent avoir joué un rôle directeur. Enfin, il faut noter la grande déviation vers l'Est des courbes et, en particulier, de la courbe V à VI, le long d'une de ces grandes dépressions qui, selon Marcel Bertrand, ont joué un rôle important dans la géologie provençale, la dépression permienne de Cuers. La présence des failles qui limitent les plis de cette région au contact du Permien peut expliquer cette allure spéciale. Ces cassures sont, en effet, des sortes de décrochements parallèles à la dépression et qui certainement se sont produits lors des poussées alpines, au moment où s'est constituée, sur les plateaux triasiques, entre la dépression de Cuers et celle de Barjols, la structure dite *pustuleuse*, produite par l'entre-croisement des plis provençaux et des plis alpins. La propagation dans ce sens a été facilitée encore par la cassure qui, entre Vence et Escragnolles, a abaissé le Miocène supérieur aux pieds d'une falaise formée par les sédiments jurassiques.

Le tracé, sur notre Carte, des limites d'extension de la mer vers la fin du Miocène moyen, nous permet en outre de constater que la région ébranlée coïncide, dans l'ensemble, avec l'effondrement de la région du Sud-Est qui a livré passage aux eaux miocènes.

Il est naturel de chercher à rapprocher tous ces faits des mouvements du sol dans notre région provençale. Depuis longtemps un mouvement d'affaissement du delta du Rhône se révèle par l'invasion de la mer dans une région où, normalement, la terre devrait gagner sur le domaine maritime. Ce mouvement est sensible aux Saintes-Maries, au Grau-du-Roy, sur la plage du Galéjon et même aux environs de Fos. Aux abords même des embouchures, les atterrissements diminuent d'importance. Par contre, à Marseille, le niveau de la mer s'est abaissé brusquement d'une manière notable, et il n'est pas certain qu'il ait repris sa position primitive.

En présence de ces constatations, on peut se demander si le récent tremblement de terre de Provence n'est pas en relation avec ces phénomènes actuels, s'il ne pourrait pas être considéré comme un épisode violent de ce mouvement général d'affaissement de la région miocène du sud-est de la France.

Dans cette hypothèse, la résistance opposée à l'affaissement par le Ventoux et les dômes crétacés environnants aurait occasionné un mouvement de bascule du littoral entre Montpellier et la région marseillaise, et la situa-

tion de la région épicentrale s'expliquerait assez naturellement, puisqu'elle se trouve à l'intersection de la ligne d'effondrement de la Durance et de celle de la vallée du Rhône, dans le prolongement souterrain de la masse stable du Ventoux.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques Vertébrés fossiles du sud de la Tunisie.* Note de M. **Marcellin Boule**, présentée par M. A. Lacroix.

L'éminent géologue dont la Science déplore la mort récente, Philippe Thomas, m'avait prié de déterminer quelques ossements fossiles du Drâa-el-Djérid, au sud de la Tunisie. Ces ossements lui avaient été envoyés par M. Boursaux, qui les tenait lui-même de l'auteur de leur découverte, M. le Dr Gobert.

Ces documents offrent un double intérêt; ils permettent de fixer l'âge d'une formation géologique importante et sur le degré d'antiquité de laquelle les géologues ne sont pas d'accord; ils témoignent, en outre, d'une curieuse association de types africains et de types asiatiques.

La masse principale de l'isthme, à ossature crétacique, qui sépare le Chott-el-Djérid et le Chott Rharsa, est formée par des sables siliceux, blancs, parfois argileux et gypsifères, que surmontent des grès ferrugineux, facilement désagrégés par les agents atmosphériques et riches en bois silicifiés. Ce puissant atterrissement recouvre de vastes espaces dans le Sud tunisien et le Sud-Est algérien. Tissot en faisait du Pliocène; Pomel et Ficheur l'ont placé dans leur *Oligocène continental*. Ph. Thomas lui avait assigné un âge mio-pliocène et cette vue est confirmée par les fossiles que j'ai examinés.

Les plus intéressants sont quelques dents de *Merycopotamus*, curieux Artiodactyle de certains dépôts des Siwaliks, où il était jusqu'ici étroitement localisé. J'ai trois arrière-mollaires supérieures qui ressemblent extraordinairement aux arrière-molaires du *Merycopotamus dissimilis* Falc. et Cautl. J'ai aussi quelques prémolaires qui paraissent assez différentes de celles de cette dernière espèce, de sorte que le *Merycopotamus* tunisien devra probablement recevoir un nom nouveau : *Merycopotamus africanus*.

Une cheville osseuse de corne de Ruminant formée d'un tissu compact ressemble beaucoup, soit à une corne de *Tragocerus amaltheus*, soit à une corne de l'*Hemitragus Perimensis* trouvée dans l'île de Perim avec *Dinotherium* et *Acerotherium* et décrite par Lydekker.

Le même lot comprend divers ossements d'Antilopes de quatre tailles et probablement de quatre espèces différentes. La plus grande atteignait presque la taille du *Palæotragus Roueni* de Pikermi; la plus petite avait les dimensions d'une gazelle.

Enfin, une portion de mandibule d'un Crocodile peut être rapportée à l'une des deux espèces des Siwaliks : *Crocodilus palæindicus* Falc. ou *Crocodilus Sivalensis* Lydek.

Malgré leur petit nombre, ces documents sont des plus précieux. Ils révèlent d'abord, dans une région jusqu'ici peu explorée scientifiquement, l'existence de gisements de Vertébrés fossiles; gisements qui pourront fournir, un jour ou l'autre, de précieux matériaux d'études paléontologiques. Ensuite, ils permettent d'assigner à une vaste formation géologique de l'Afrique du Nord une date plus certaine que celles jusqu'ici entrevues et de la considérer comme à peu près synchronique des diverses formations continentales que jalonnent, sur une étendue immense, les gisements des Siwaliks, de Maragha, de Pikermi, de Samos, du Léberon, du Puy-Courny, de diverses localités espagnoles, etc.

Enfin, l'existence, dans l'Afrique du Nord, de types mammifères fossiles essentiellement asiatiques, comme les *Merycopotamus* et les *Hemitragus*, mélangés avec de nombreux Ruminants de la faune éthiopienne, comme les Antilopes, est un fait nouveau très digne de remarque. Ce fait est de nature à nous fortifier dans l'idée qu'à l'époque de la formation des sables à végétaux silicifiés (aussi bien en Afrique que dans l'Inde, où le *Merycopotamus dissimilis* se trouve dans des *fossil wood sands*), l'Asie et l'Afrique étaient réunies par de vastes étendues continentales. Nous savons d'ailleurs que des relations, peut-être encore plus étroites, existaient, en même temps, non seulement entre l'Asie et l'Europe, ce qui n'a rien de surprenant, mais encore entre l'Europe et l'Afrique; la faune de Pikermi étant une faune de caractère essentiellement africain.

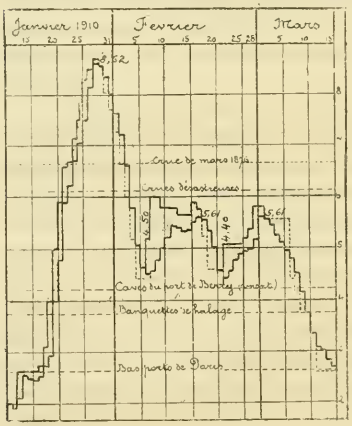
HYDROLOGIE. — *Sur les crues de la Seine en janvier-février* 1910. Note de MM. **Nouailhac-Pioch** et **Edmond Maillet**, présentée par M. Georges Lemoine.

La Seine vient d'avoir à Paris une crue absolument exceptionnelle, dont le maximum, $8^{m},42$, réalisé au pont de la Tournelle le vendredi 28 janvier, de midi à minuit, est le plus élevé depuis celui de 1658 ($8^{m},81$ d'après Belgrand), et dont la croissance a été très rapide.

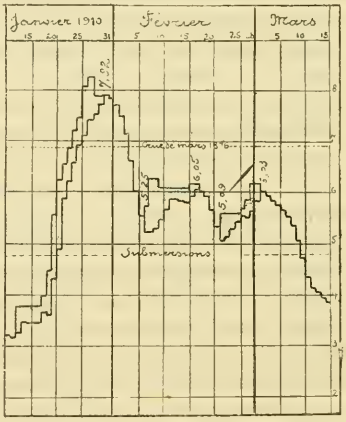
Nous indiquons ci-contre, pour l'échelle du pont d'Austerlitz, dont les

cotes sont supérieures de $0^m,15$ à $0^m,20$ à celles de la Tournelle, à la fois le graphique des hauteurs d'eau et, approximativement, celui des annonces faites (¹) pendant cette crue exceptionnelle et la longue période de crues élevées qui a suivi. On sait que cette échelle est malheureusement, dans le bassin de la Seine, une de celles où les prévisions, au moins 2 à 3 jours d'avance, offrent le plus de difficultés au point de vue de la précision, même dans les limites des crues qui ont servi à établir les formules de Belgrand et de M. G. Lemoine et qui ne dépassent pas $6^m,50$ (cote de 1876 à la Tournelle).

Seine à Paris. Pont d'Austerlitz.



Seine à Bezons.



Sauf peut-être en certains points de la partie amont de la Marne et de la haute Seine, où les renseignements anciens nous manquent, la crue n'a été réellement très supérieure aux crues des 80 dernières années que sur la Seine entre les confluents de la Marne et de l'Oise, à savoir de 1^m à Bezons (cote $7^m,92$) et de 2^m environ dans la partie amont de Paris (cote $8^m,42$). Vers l'aval, la crue a été atténuée grâce à la faiblesse

(¹) Les traits horizontaux indiquent les niveaux à 8^h du matin, ou les annonces de crue (traits pleins supérieurs), ou les annonces de décrue (traits pointillés inférieurs). Ainsi le 21 janvier, pour Bezons, la cote étant $4^m,90$ à 8^h du matin, on a annoncé $6^m,30$ pour une date ultérieure.

relative des flots de l'Oise et de l'Eure, aux marées de morte eau et aux travaux d'amélioration du lit; la crue de 1876 n'a été dépassée à Mantes, après le confluent de l'Oise, que de $0^m,46$, et à Rouen, dans la partie maritime, que de $0^m,10$.

La Marne à Chalifert (en 1844) et la Seine à Melun (en 1836) ont déjà eu, au cours du siècle dernier, des crues aussi élevées à très peu près. Les maxima corrélatifs de la Seine, $6^m,40$ en 1836, $5^m,89$ en 1844, au pont de la Tournelle, ont pourtant été relativement modérés, et même inférieurs à celui de 1876 ($6^m,50$). Il a fallu, en janvier 1910, l'arrivée presque simultanée des maxima principaux à Chalifert et Melun pour déterminer l'importance colossale de la crue, du confluent de la Marne au confluent de l'Oise. Il est intéressant de noter que, si la crue de la Marne avait été aussi forte que celle de 1784 ($5^m,90$ à Chalifert), le niveau atteint à la Tournelle aurait été à peu près celui de la crue de 1658, la plus forte connue avec assez de certitude pour cette échelle.

Le maximum a été dû nettement à la coïncidence de l'arrivée des maxima de la Marne et de la haute Seine et d'une seconde crue du Loing, soutenus par un mouvement modéré de la haute Yonne qui a retardé la décrue de l'Yonne à Sens.

Il semble qu'au point de vue météorologique la crue extraordinaire soit due : 1° à une saison chaude (1er mai - 1er novembre) pluvieuse, où le total moyen des pluies pour 120 stations environ dans le bassin de la Seine est de 435^{mm}, la moyenne des totaux analogues de 29 ans n'étant que de 371^{mm}; 2° à des pluies abondantes en décembre, ayant produit déjà des crues ordinaires atteignant au pont d'Austerlitz les cotes $3^m,10$ le 7 et $3^m,45$ le 31 : 3° à une période de pluies ou neiges considérables du 9 au 27 janvier, comprenant le phénomène capital, à savoir, du 18 au 21 janvier inclus, des chutes de pluie exceptionnelles, assez comparables pourtant, dans l'ensemble, à celles qui ont occasionné la crue de septembre 1866; 4° à un dernier événement accessoire : conformément aux règles de Belgrand [1] sur l'écoulement des crues de la Seine, le maximum à Paris a correspondu à une crue modérée de l'Yonne, du Loing et du Grand-Morin; mais la surélévation finale que celle-ci a causée n'a guère dû dépasser $0^m,60$.

Notons à cette occasion que, pour les crues d'au moins 5^m au pont d'Austerlitz depuis 1872, *le plus fort maximum* a eu lieu généralement, à un jour près environ, en même temps qu'un maximum et de la Seine à Montereau,

---

[1] *La Seine, Études hydrologiques*, p. 287, énoncé n° 15. Paris, Dunod, 1872.

et de la Marne à Chalifert, ce dernier pouvant n'être que secondaire et dû au Grand-Morin. En septembre 1866, au contraire, le maximum qui, à Paris, correspond au maximum de Chalifert, n'est que secondaire.

Pour plusieurs stations d'annonces de crues, les niveaux des crues antérieures connues en détail se sont trouvés sérieusement dépassés, et les prévisions numériques sont alors devenues fort délicates, parce qu'elles ne pouvaient plus se faire que par extrapolation, alors que les annonces usuelles sont, au fond, basées sur l'interpolation. Désormais nous pouvons, à Paris, jusqu'aux niveaux atteints par la crue de janvier 1910, faire, avec une exactitude plus ou moins grande, des prévisions, d'abord 24 et 48 heures d'avance, presque toujours pour la crue, et souvent pour la décrue, puis, dans certains cas, 3 jours d'avance ou plus (¹). Conformément à un principe qui semble pouvoir être énoncé d'une manière générale pour chaque station, on a d'autant plus de précision et d'autant moins de causes de perturbations (barrages mobiles, crues imprévues du Loing, du Grand-Morin, etc.) que la prévision est à plus courte échéance. Mais il ne faut pas se dissimuler que les annonces continueront à être difficiles pour les grandes crues à croissance rapide.

SISMOLOGIE. — *Sur la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre, d'après les données d'une seule station sismique.* Note de M. B. Galitzine, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note précédente (²) j'ai indiqué le principe de ma méthode et les conditions théoriques réalisées par les pendules que j'emploie.

Afin de vérifier cette méthode, je l'ai appliquée à 12 tremblements de terre de 1909 pour lesquels on connaissait l'épicentre, qui d'ailleurs ne peut aucunement être considéré comme un point; et les résultats de cette comparaison sont résumés dans le Tableau suivant, où l'azimut vrai est rap-

(¹) D'après une formule de A. Babinet, du type de M. Breuillé, et dont M. Nouailhac Pioch fait varier chaque jour le coefficient, diverses formules ou graphiques de M. Ed. Maillet, une formule de Belgrand, une de M. G. Lemoine, une de Belgrand et M. G. Lemoine, etc. (G. Lemoine et de Préaudeau, *Manuel hydrologique*, 1884, avec *Supplément* de 1909).

(²) Voir p. 642 de ce Volume.

porté à Poulkova et l'azimut calculé déduit de la formule (8) :

Dates. 1909.	Coordonnées de l'épicentre φ.	λ.	Lieu de l'épicentre.	Azimut vrai.	calculé.
	°	°			
9 II.....	40,2 N	38,0 E	Asie-Mineure	SE, 16°	SE, 15°
10 II.....	40,2 N	38,0 E	»	SE, 16	SE, 19
22 II.....	40,2 N	38,0 E	»	SE, 16	SE, 16
12 III.....	38,0 N	146,0 E	Est du Japon	NE, 50	NE, 50
13 III.....	39,0 N	148,0 E	»	NE, 48	NE, 48
11 IV.....	50,3 N	154,9 E	Kamtschatka, sud	NE, 37	NE, 35
14 IV.....	28,8 N	123,5 E	Sud du Japon	NE, 72	NE, 72
17 V.....	16,5 S	68,0 W	La Paz (Bolivie)	SW, 89	SW, 84
30 V.....	38,7 N	20,2 E	Grèce	SW, 21	SW, 17
3 VI.....	1,5 S	101,4 E	Korintji (Sumatra)	SE, 73	SE, 79
11 VI.....	43,6 N	5,3 E	Sud de la France	SW, 54	SW, 59
15 VI.....	38,3 N	22,5 E	Grèce	SW, 16	SW, 18

L'accord peut, en général, être considéré comme très satisfaisant. En outre, le Tableau précédent montre que les ondes sismiques sont parvenues à la station de Poulkova de trois quadrants différents; et chaque fois la direction de l'épicentre a été nettement indiquée par les sismogrammes.

J'ai appliqué la même méthode à la seconde phase des sismogrammes et j'ai pu démontrer que, dans la grande majorité des cas, le plan des vibrations transversales de la seconde phase diffère très peu du plan du grand cercle mené par l'épicentre et par le lieu d'observation.

Cette étude démontre ainsi que si l'on dispose d'appareils convenables (pendules séparés et apériodiques pour chaque composante, et enregistrement galvanométrique, qui admet une très grande sensibilité), il est possible de déterminer l'azimut de l'épicentre et par conséquent de trouver le lieu d'un tremblement de terre d'après les données d'une seule station sismique.

En outre, on peut considérer cette étude comme une démonstration directe du fait que les ondes de la première phase correspondent véritablement à des vibrations longitudinales.

J'avais lu mon Rapport sur ce sujet à la dernière réunion des sismologues à Zermatt, en septembre 1909. Depuis, j'ai eu l'occasion d'appliquer cette méthode à la recherche des épicentres de deux grands tremblements de terre, qui ont eu lieu dans ces derniers temps.

Dans la nuit du 20 au 21 octobre 1909 les sismographes de Poulkova ont accusé un fort tremblement de terre dans la direction SE. Les données correspondantes pour la

distance s jusqu'à l'épicentre et l'azimut α étaient

$$s = 4550^{km}, \qquad \alpha = \text{SE} - 63^\circ,$$

ce qui donne, pour les coordonnées géographiques de l'épicentre,

$$\varphi = 30^\circ \text{N}, \qquad \lambda = 73^\circ \text{E de Greenwich.}$$

Après la détermination de ce point géographique, j'ai reçu les données des stations sismiques de Tiflis et Irkoutsk, qui permettaient d'évaluer la distance s de l'épicentre à ces stations. En combinant les valeurs de s pour Poulkova, Tiflis et Irkoutsk, j'ai obtenu en moyenne les valeurs suivantes pour les coordonnées de l'épicentre :

$$\varphi = 30^\circ \text{N}, \qquad \lambda = 74^\circ \text{E},$$

ce qui est en excellent accord avec les valeurs indiquées ci-dessus.

Les nouvelles directes, parvenues plus tard, ont en effet confirmé qu'au jour indiqué un violent tremblement de terre a sévi non loin de la frontière entre l'Inde septentrionale et le Beloutchistan.

L'autre exemple se rapporte au grand tremblement de terre du 22 janvier de cette année.

Les sismogrammes de Poulkova ont donné

$$s = 2400^{km}, \qquad \alpha = \text{NW} - 49^\circ,4.$$

Par suite, on obtient, pour les coordonnées de l'épicentre correspondant,

$$\varphi = 68^\circ \text{N} \qquad \text{et} \qquad \lambda = 17^\circ \text{W de Greenwich.}$$

Ce point se trouve dans l'océan Glacial, un peu au nord de l'Islande.

Ce résultat m'a paru d'abord assez inattendu, vu qu'il est très rare d'observer à Poulkova des ondes sismiques provenant du quartier NW de l'horizon. En outre, les premières nouvelles insérées dans les journaux indiquaient que différentes stations sismiques de l'étranger plaçaient l'épicentre ou au Caucase, ou en Arménie. Mais les sismogrammes de notre station sismique étaient à tel point clairs et précis que, sans aucun doute, l'épicentre n'était pas à chercher au sud, mais au nord de l'Islande. Les nouvelles télégraphiques, survenues plus tard de Tiflis, d'Irkoutsk et d'Islande même, ont complètement confirmé l'exactitude des résultats obtenus d'après les données de la station de Poulkova seule.

Depuis lors, nous possédons les valeurs de la distance de l'épicentre de différentes stations sismiques, insérées dans leurs Bulletins.

Il est intéressant de confronter la distance s du point que j'ai trouvé ($\varphi = 68^\circ$ N, $\lambda = 17^\circ$ W) aux différentes stations sismiques, avec les va-

leurs s' données par les stations elles-mêmes :

	Hambourg.	Aix-la-Chapelle.	Vienne.	Ottawa (Canada).
	km	km	km	km
s	2140	2290	2870	4140
s'	2100	2300	2900	4100
$s - s'$	+40	−10	−30	+40

L'accord entre les valeurs de s et s' peut être considéré comme des plus satisfaisants.

Ces exemples démontrent clairement qu'avec ces instruments convenablement choisis et ajustés, on peut en effet trouver le lieu approximatif de l'épicentre d'un tremblement de terre d'après les données d'une *seule* station sismique.

M. **Emm. Pozzi-Escot** adresse une Note sur un *Oiseau particulier aux Andes péruviennes.*

(Renvoi à l'examen de M. Edmond Perrier.)

M. **J. Tavani** adresse un Mémoire *Sur la théorie des séries à termes positifs et des fonctions entières.*

(Renvoi à l'examen de M. Jordan.)

M. **René Picard du Chambon** adresse un *Mémoire sur l'électricité dans les végétaux.*

(Renvoi à l'examen de M. Bonnier.)

M. **Georges Bonnal** adresse un Mémoire intitulé : *La réaction de densité.*

(Renvoi à l'examen de M. Violle.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 mars 1910.

Recueil des actes officiels et documents intéressant l'Hygiène publique : Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France; t. XXXVIII, année 1908. Melun, Imprimerie administrative, 1909. (Adressé par M. le Ministre de l'Intérieur.)

Deux conférences de Géologie alpine, par Pierre Termier, Membre de l'Institut : *Les Schistes cristallins des Alpes occidentales.* (Conférence faite à Vienne, le 22 août 1903, devant le 9e Congrès géologique international.) *La synthèse géologique des Alpes.* (Conférence faite à Liége, le 26 janvier 1906, aux élèves des écoles spéciales.) Paris, Ch. Béranger, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Thermodynamique et Chimie, Leçons élémentaires par Pierre Duhem, Correspondant de l'Institut de France; 2e édition, entièrement refondue et considérablement augmentée, avec 173 figures dans le texte. Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Détermination de la puissance des moteurs d'automobiles, par Ch. Faroux. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Recherches spéléologiques et hydrologiques dans la chaîne du Jura, par M. E. Fournier (11e Campagne : 1908-1909), avec 14 figures. (*Spelunca*. t. VII, n° 58.) Paris, 1909; 1 fasc. in-8°.

La tetragonometria piana nelle scuole secondarie, per Giuseppe Delitala. (Extr. des *Atti del IV Congresso dei Matematici, Roma*, 6-11 *aprile* 1908, t. III.) Rome, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Di tetragonometrischen Probleme in der Mittelschule, von Al. Lanner. (Extr. de *Zeitschr. f. mathem. u. naturw. Unterr.*, t. XL, fasc. 3.) Leipzig, B.-G. Teubner, 1909; 1 fasc. in-8°. (Adressé par M. G. Delitala.)

Les Mathématiques en Portugal : deuxième défense des travaux de Antonio Cabreira. Lisbonne, chez l'auteur, 1910; 1 fasc. in-8°.

The fourth dimension simply explaned a collection of essays selected from those submitted in the scientific american's prize competition, with an introduction and editoral Notes, by Henry-P. Manning. New York, Munn et Cie, 1910; 1 vol. in-8°.

Sulla costruzione dei muri di approdo su fondo fangoso, par C. Barberis; testo e tavole. (Ministero della Guerra.) Rome, 1910; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Die Winde in Deutschland, im Auftrage der Motorluftschiff-Studiengesellschaft in Berlin, bearbeitet von Richard Assmann, mit 13 Tafeln enthaltend Windrosen, und einer Stationskarte. Brunswick, Friedrich Vieweg et fils, 1910; 1 fasc. in-4°.

Annaes scientificos da Academia polytechnica do Porto, pub. sob. direcção de F. Gomes Teixeira; t. V, n° 1. Coïmbre, 1909; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 14 MARS 1910.

Leçons de Mécanique céleste, professées à la Sorbonne par H. POINCARÉ, Membre de l'Institut. Tome III : *Théorie des marées*, rédigée par E. FICHOT. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Quelques lettres inédites d'André-Marie Ampère, par ERNEST JOVY. Vitry-le-François, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de M. E. Jovy.)

Archives de Zoologie expérimentale et générale : Histoire naturelle, Morphologie, Histologie, Évolution des animaux, fondées par HENRI DE LACAZE-DUTHIERS, publiées sous la direction de G. PRUVOT et E.-G. RACOVITZA; 5e série, t. IV, n° 1 : *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscidés* (*Calliphora erythrocephala* Mg.), par C. PÉREZ. Paris, Albert Schulz, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Delage.)

Plusieurs brochures relatives à diverses questions de Sciences naturelles, par M. CARLOS-E. PORTER, et plusieurs fascicules de la *Revista Chilena de Historia natural* (1908 et 1909), dirigée par le même auteur. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

On the quaternion expression for the co-ordinates of a screw reciprocal to five given screws; a paper read before the « Australian Association for the advancement of Science », by Sir ROBERT BALL. Brisbane, 1909; 1 fasc. in-8°.

Essay for solution of Euclid's twelfth axiom, by ARTHUR PAUL. Melbourne, Melville et Mullen, 1910; 1 fasc. in-8°.

Solar Observatory of the Carnegie Institution of Washington. Annual report of the director GEORGE-E. HALE, 1909. (Extr. du *Year Book*, n° 8, p. 159-180.) 1 fasc. in-8°.

Jahresbericht der Hamburger Sternwarte für das Jahr 1907, erstattet von dem Direktor Prof. Dr R. SCHORR. Hambourg, 1908; 1 fasc. in-8°.

On the Galactic System with regard to its structure, origin, and relations in space, by KARL BOHLIN, with 4 figures in the text and 6 plates. (*Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, Bd. XLIII, n° 10.) Upsal et Stockholm, Almqvist et Wiksells, 1909; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

On a new binary progression of the planetary distances, and on the mutability of the Solar System, by HENRY WILDE. Manchester, 1909; 1 fasc. in-8°.

Sur le dernier maximum des taches solaires, par A. WOLFER. (Extr. des *Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani*, t. XXXVIII, 1909.) Catane, 1 fasc. in-4°.

Nuevo metodo para determinar el diámetro del planeta Venus, por D. VINCENTE VENTOSA. Madrid, 1908; 1 fasc. in-8°.

Observations of southern double-stars, by R.-T.-A. INNES. (Transvaal Observatory : *Circular* n° 1, 14th december 1909.) Pretoria; 1 fasc. in-4°.

The future of Astronomy, by EDWARD-C. PICKERING. (Extr. de *Popular Science Monthly*, août 1909.) 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 10 janvier 1910.)

Note de M. *Russyan*, Le théorème de M. W. Stekloff (théorème généralisé de Jacobi) et les formules généralisées de la transformation de contact :

Page 85, ligne 2 en remontant, *au lieu de* des relations (b), *lisez* des relations (a) et (b).

Page 85, ligne 7 en remontant *au lieu de*

$$\sum_1^m \lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial x_s} = 0, \qquad \sum_1^m \lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial p_t} = 0,$$

lisez

$$\sum_1^m \lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_\lambda}{\partial x_s} = -\rho \frac{\partial P_k}{\partial x_s}, \qquad \sum_1^m \lambda (P_k X_\lambda) \frac{\partial P_k}{\partial p_t} = -\rho \frac{\partial P_k}{\partial p_t}.$$

(Séance du 7 mars 1910.)

Note de M. *de Séguier*, Sur le groupe symétrique et le groupe alterné :

Page 599, ligne 10, *au lieu de* $= k$, *lisez* $= \varkappa$.
Page 599, ligne 11, *au lieu de* k, ζ, *lisez* $\varkappa$, ζ.
Page 600, ligne 23, *au lieu de* p^m, *lisez* p^μ.

Note de M. *Briot*, Propriété du sérum des lapins séro-anaphylactisés :

Page 639, ligne 3 *lisez : Phénomène d'anaphylaxie passive.* — Des lapins neufs reçoivent dans la veine de l'oreille de $2^{cm^3},5$ à 5^{cm^3} de sérum de lapins préparés. Le lendemain ils reçoivent de $2^{cm^3},5$ à 5^{cm^3} de sérum de cheval....

(Séance du 14 mars 1910.)

Page 668, ligne 6 en remontant, *ajoutez* et du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 29 MARS 1910.

PRÉSIDENCE DE M. H. POINCARÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Hittorf* pour occuper l'une des places d'Associé étranger créées par le Décret du 1er décembre 1909.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de déshydratation des alcools par catalyse au moyen de divers oxydes métalliques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Nos recherches antérieures relatives à l'action des oxydes métalliques sur les alcools primaires ont établi que plusieurs oxydes, thorine, alumine, oxyde bleu de tungstène, etc., exercent sur les alcools, entre 300° et 350°, une catalyse à peu près exclusive de déshydratation avec séparation de carbure éthylénique (1).

Dans quelques cas, en opérant à température assez basse, la déshydratation est incomplète et peut se borner à la production de l'éther-oxyde.

La réaction accomplie au contact des oxydes est tout à fait comparable à celle qui est réalisée au contact d'acide sulfurique concentré. Dans ce dernier cas, le mécanisme est bien connu, parce qu'il est facile de mettre en évidence les étapes successives de la transformation.

---

(1) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1376; t. CXLVII, 1908, p. 16 et 106; t. CXLVIII, 1909, p. 1734.

En opérant à froid sur un alcool primaire, on a très rapidement

$$(1) \qquad C^nH^{2n+1}.OH + SO^4H^2 = H^2O + \underbrace{SO^4H.C^nH^{2n+1}}_{\text{Acide sulfoforménique.}}.$$

Le produit obtenu, nommé *acide sulfoforménique* ou *éther sulfurique acide*, est stable à froid avec la plupart des alcools primaires. Mais si l'on élève suffisamment la température (à 140° pour l'alcool éthylique), on a

$$(2) \qquad SO^4H.C^nH^{2n+1} + C^nH^{2n+1}.OH = \underbrace{(C^nH^{2n+1})^2O}_{\text{Éther oxyde.}} + SO^4H^2.$$

A température plus haute (170° pour l'alcool éthylique), on a

$$(3) \qquad SO^4H.C^nH^{2n+1} = \underbrace{C^nH^{2n}}_{\text{Carbure.}} + SO^4H^2.$$

Dans les deux cas, l'acide sulfurique est régénéré; il pourrait répéter indéfiniment le cycle de réactions, et serait un vrai catalyseur, s'il ne retenait pas l'eau issue de la réaction (1), et ne devenait ainsi après quelque temps incapable d'accomplir cette première réaction.

Le mécanisme paraît être le même dans le cas des oxydes métalliques, qui agissent à leur surface sur les alcools en vertu d'une fonction acide, et donnent tout d'abord un éther-sel analogue à l'acide sulfoforménique.

Ainsi, avec la thorine, on pourra avoir

$$2(C^nH^{2n+1}.OH) + ThO^2 = H^2O + \underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate.}},$$

puis à température suffisamment ménagée :

$$ThO(OC^nH^{2n+1})^2 = ThO^2 + \underbrace{(C^nH^{2n+1})^2O}_{\text{Éther oxyde.}},$$

ou à température plus haute, supérieure à 300° :

$$ThO(OC^nH^{2n+1})^2 = ThO^2 + H^2O + \underbrace{2C^nH^{2n}}_{\text{Carbure.}}.$$

Cette dernière réaction étant d'ailleurs, avec la thorine, presque exclusive.

La thorine est régénérée semblable à la thorine primitive, parce qu'elle ne retient pas l'eau, qui est éliminée en même temps que le carbure éthylénique. Par conséquent, elle constitue un vrai catalyseur capable de recommencer indéfiniment la même réaction.

La cause fondamentale de la catalyse par les oxydes nous paraît donc être la production rapide d'un composé intermédiaire instable, qui est l'éther-sel fourni par l'alcool avec l'acide dont l'oxyde est l'anhydride. S'il en est ainsi, on peut prévoir des conséquences importantes de cette formation initiale, et la réalisation des prévisions formulées sera un argument puissant en faveur de la théorie qui les suggère.

1° L'acide sulfurique mis en présence du mélange d'un alcool et d'un acide organique accélère beaucoup la formation de l'éther-sel correspondant, à cause de la production rapide du sulfate acide forménique, échelon intermédiaire de la réaction : on dit que l'acide sulfurique est un *catalyseur d'éthérification*.

Nous pouvons de même prévoir que les oxydes catalyseurs de déshydratation seront aussi, vers 300°-350°, des catalyseurs d'éthérification des alcools vis-à-vis des acides organiques.

C'est ce qui a lieu réellement, à condition que l'acide organique ne soit pas lui-même catalysé par l'oxyde. Cette condition exclut la thorine et l'alumine, qui dédoublent rapidement les acides forméniques en cétones et anhydride carbonique (Senderens). Mais on peut employer l'*oxyde titanique*, TiO^2.

En dirigeant sur une colonne d'oxyde titanique à 300° les vapeurs d'un mélange à molécules égales d'alcool éthylique et d'acide acétique, on constate que la dose éthérifiée surpasse la moitié, tandis que, en l'absence du catalyseur, le passage des vapeurs dans le même tube à la même température ne procure qu'une éthérification sensiblement nulle.

2° L'ammoniaque réagit sur les éthers-sels des acides minéraux pour donner naissance à des *amines*. Il devait sans doute en être de même avec les éthers-sels issus de la fonction acide des oxydes catalyseurs, et l'on pouvait espérer que, tout au moins pour quelqu'un de ces oxydes, la réaction de l'ammoniaque sur l'éther-sel temporaire serait plus rapide que la décomposition de cet éther-sel en carbure éthylénique.

L'expérience a pleinement vérifié cette prévision, ainsi que nous l'avons fait connaître antérieurement [1]. Particulièrement avec la thorine, en

---

[1] Paul Sabatier et G. Mailhe, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 898.

présence du gaz ammoniac, la réaction dominante des alcools est, de beaucoup, la formation des amines, le dédoublement éthylénique étant relativement peu important. On a vu que nous avions pu en déduire une *nouvelle méthode générale de synthèse directe des amines* à partir des alcools.

3° La fonction acide des hydrates métalliques dont les oxydes catalyseurs sont les anhydrides, étant faible, nous avons pensé que les éthers-sels instables qui en résultent pourraient être décomposés par l'acide sulfhydrique en donnant des *thiols*. Nos prévisions à ce sujet ont été pleinement vérifiées et nous avons pu instituer de la sorte une *préparation directe des thiols par catalyse à partir des alcools*. Nous aurons l'honneur de l'exposer dans une prochaine Communication.

M. Carpentier présente à l'Académie un *instrument de mesure électrique* dénommé *logomètre* qui a été récemment réalisé dans ses ateliers et dont la conception et l'étude sont dues à son collaborateur M. L. Joly.

Cet instrument, qui a extérieurement l'aspect classique d'un ampèremètre ou d'un voltmètre, possède deux circuits et donne des indications qui ne dépendent que du rapport des deux courants qui le traversent. Il appartient ainsi à une classe dans laquelle on connaît déjà plusieurs modèles remplissant la même fonction, et s'approprie comme eux à un certain nombre d'intéressantes applications.

Le nouvel instrument a pour caractéristiques sa grande simplicité, ainsi que l'allure tout à fait favorable de sa graduation (les déviations de l'aiguille sont sensiblement proportionnelles au rapport des courants actifs). Il a reçu le nom de *logomètre* pour indiquer, autant que le permet la formation étymologique, qu'il mesure une proportion, un rapport.

Le logomètre, comme le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, comporte deux organes essentiels :

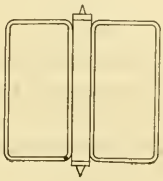
1° Un équipage mobile dans lequel circulent les courants actifs ;

2° Un champ magnétique fourni par un aimant, entre les pôles duquel est disposé un noyau cylindrique en fer, dont le rôle est de répartir convenablement les lignes de forces.

L'équipage mobile est constitué par deux cadres égaux en fil conducteur, accolés côte à côte et dans le même plan sur un même axe, comme le montre la figure 1. L'ensemble peut tourner autour de cet axe qui est monté entre pivots dans le bâti de l'appareil. Des rubans d'argent, extrêmement ténus,

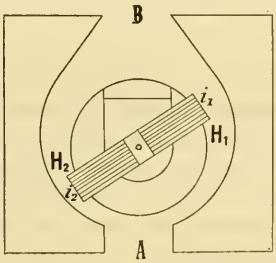
permettent de faire circuler des courants dans les deux cadres, en n'exerçant sur l'équipage qu'une force directrice à peu près négligeable.

Fig. 1.



Les pièces polaires de l'aimant de champ sont façonnées de manière à laisser entre elles un vide cylindrique. Le noyau répartiteur est placé dans ce vide, *excentriquement* comme on le voit sur la figure 2. Par suite de cette

Fig. 2.



disposition, la densité du champ, de part et d'autre du noyau, va en décroissant régulièrement de A en B.

L'axe de l'équipage occupe le centre du noyau répartiteur; les côtés extérieurs des cadres se déplacent donc suivant un cylindre concentrique à ce noyau et sont plongés dans des régions de densité magnétique variable suivant la position de l'équipage.

Lançons dans les cadres des courants d'intensités i_1 et i_2 et désignons par h_1 et h_2 les densités magnétiques le long des branches extérieures de l'équipage. Les forces qui solliciteront ces deux branches (supposées réduites chacune à un fil unique) auront respectivement pour expressions $i_1 h_1$ et $i_2 h_2$. Le sens des courants ayant été choisi de manière que ces forces soient en opposition et dirigées vers les plages faibles du champ, on verra l'équi-

page tourner jusqu'à venir occuper une position pour laquelle on aura

$$i_1 h_1 = i_2 h_2$$

ou

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{i_1}{i_2}.$$

Cette position ne dépendra donc nullement des intensités absolues des courants, mais seulement de leur rapport. Une analyse très simple montre que, sous les conditions énoncées précédemment, cette position est stable. Il est donc possible de tracer sur le cadran de l'appareil une graduation devant laquelle se déplacera son aiguille et dont les divisions correspondront aux diverses valeurs du rapport $\frac{i_1}{i_2}$.

La comparaison des courants ne présente guère d'intérêt direct. Mais, comme on peut y ramener la comparaison des résistances et que celle-ci donne lieu à de nombreuses applications, les instruments qui permettent de l'effectuer d'une manière pratique sont d'une incontestable utilité. A ce titre, le logomètre peut rendre d'appréciables services.

Supposons deux conducteurs dont on veuille comparer les résistances. Mettons-les en dérivation sur les pôles d'une même source. Il s'y établira des courants dont les intensités absolues dépendront évidemment du voltage de la source; mais le rapport de ces intensités sera toujours l'inverse du rapport des résistances; il sera invariable et indépendant du voltage. Qu'on dirige donc les deux courants dans les circuits d'un logomètre, l'aiguille de l'instrument déviera d'un angle fixe, quelle que soit la source empruntée, quelques variations même que subisse le voltage au cours de l'observation. L'instrument, pouvant être gradué pour indiquer l'inverse du rapport des courants qui le traversent, donnera directement le rapport des résistances à comparer.

Que l'une des résistances soit connue et toujours la même, l'instrument pourra donner directement la valeur absolue de toute autre résistance à déterminer. Il deviendra un ohmmètre, et un ohmmètre d'autant plus commode qu'il suffira pour en faire usage de disposer d'une source quelconque, constante ou non. L'accessoire indiqué d'un pareil ohmmètre est une petite magnéto à manivelle, les variations de sa vitesse n'ayant aucune influence sur la mesure.

Au lieu d'utiliser la déviation de l'aiguille du logomètre à l'évaluation d'une résistance intercalée dans l'un de ses circuits, on peut, d'un poste éloigné, par l'intercalation de résistances appropriées, commander la dévia-

tion de l'aiguille et faire de l'appareil un répétiteur de mouvement à distance, un transmetteur d'ordres, etc.

Le logomètre est de construction particulièrement simple quand on constitue son champ magnétique par un aimant permanent. Mais l'aimant permanent peut être remplacé par un électro-aimant, au besoin feuilleté, et l'instrument devient susceptible de fonctionner sur courants alternatifs.

Une particularité intéressante du logomètre consiste en ce que l'allure de sa graduation peut être, pour ainsi dire, modelée par un façonnage convenable de l'entrefer dans lequel se meuvent les cadres de son équipage. Dans le modèle présenté en séance, l'entrefer est compris entre deux cylindres circulaires excentrés l'un par rapport à l'autre. Un simple changement dans les diamètres respectifs de ces cylindres ou dans leur excentricité est de nature à influer grandement sur la sensibilité de l'instrument, c'est-à-dire sur l'écart des valeurs extrêmes qu'il embrasse. Une déformation plus profonde des pièces polaires agirait sur les régions intermédiaires de la fonction de sensibilité.

M. Carpentier présente à l'Académie un *stabilisateur automatique* pour aéroplane, conçu et réalisé par M. Regnard, ingénieur des Arts et Manufactures.

L'organe essentiel de l'appareil est un gyroscope qu'on installe en un point convenable de l'aéroplane par l'intermédiaire d'un équipage à la cardan, de manière à lui laisser une indépendance complète en direction par rapport aux supports. La masse tournante de ce gyroscope se compose d'un lourd volant parfaitement centré et de l'induit annulaire d'une petite dynamo qui lui est accolé. L'inducteur fixe de la dynamo est de forme également annulaire; il est placé dans le même plan que l'induit et l'enveloppe. Au moyen d'un courant emprunté à une batterie d'accumulateurs, le tore mobile est mis en rotation et il est entretenu à une vitesse de plus de 10000 tours par minute. Adoptant sous l'influence de cette rotation, ainsi que l'expliquent les lois connues de la Mécanique, une direction invariable, parallèle au plan de l'espace dans lequel il a été lancé, ce tore, grâce à sa suspension, prend, par rapport à l'aéroplane, toutes les positions relatives correspondant aux inclinaisons propres de ce dernier et, suivant que l'aéroplane pique du nez ou se cabre, suivant qu'il s'incline à droite ou à gauche, il provoque l'établissement de divers contacts électriques. Ces contacts électriques font entrer en mouvement des moteurs commandant les palettes du gouvernail de profondeur, soit pour les relever, soit pour les abaisser,

ainsi que les ailerons de redressement placés aux extrémités droite et gauche des ailes de l'aéroplane. Ainsi ce gyroscope, suppléant par le fait l'aviateur, donne à l'aéroplane une sorte d'instinct artificiel, tout à fait comparable à celui qui gouverne les réflexes du cerveau chez l'oiseau et chez l'insecte.

Dans l'appareil de démonstration présenté en séance, le système gyroscopique, réalisé en grandeur, est placé dans un caisson parallélépipédique vitré dans lequel sont contenus, en outre, les accumulateurs fournissant la force motrice. Ce caisson, dont la position normale est droite, est installé sur un socle de manière à pouvoir être incliné à la main dans toutes les directions.

Au-dessus du caisson, en haut d'une colonnette, est fixé un modèle extrêmement réduit de monoplan, fort joliment exécuté et portant les organes mobiles de stabilisation. A l'intérieur du fuselage sont disposés les moteurs destinés à commander ces organes, moteurs réduits dans cet appareil à de simples pistons plongés dans des solénoïdes.

Quand l'appareil est droit, les organes de stabilisation demeurent dans la position neutre; mais, après le lancement du gyroscope, dont la position d'équilibre a été choisie horizontale, vient-on à incliner l'appareil, des contacts s'établissent et l'on voit les organes de stabilisation entrer en jeu soit isolément, soit simultanément. Des dispositifs de réglage permettent d'ailleurs de faire varier les limites de leur intervention, c'est-à-dire la sensibilité même de l'instrument.

M. Regnard, qui a été président de la Société de Navigation aérienne et qui est familiarisé avec les problèmes de l'aéronautique, n'a pas la prétention d'avoir inventé l'application du gyroscope à la stabilisation des aéronefs, mais, en combinant les dispositions qu'il a réalisées, il a eu en vue de rendre pratique l'utilisation d'un principe dont la fécondité ne paraît pas douteuse.

M. A. **Lacroix** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie la deuxième partie du Tome III de ma *Minéralogie de la France et de ses colonies*.

Ce Volume de 415 pages est consacré à l'étude des minéraux appartenant aux classes des azotates et des carbonates; près de la moitié (176 pages et 266 figures) est occupée par la description de la calcite. Je pense que la lecture de cet Ouvrage, plus encore peut-être que celle des Volumes précédents, montrera combien notre sol national renferme de richesses minéralogiques en partie inconnues jusqu'ici.

Le P. E. Colin fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Observatoire de Madagascar. Observations météorologiques faites à Tananarive par le R. P.* E. Colin. XXe Volume, 1908.

CORRESPONDANCE.

M. Hittorf, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel de la Sociedad cientifica Antonio Alzate adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de profonde condoléance à l'occasion du décès de M. *Bouquet de la Grye*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarque sur une Communication précédente.* Note de M. Charles Nordmann, présentée par M. H. Poincaré.

J'ai récemment indiqué (ce Volume, p. 448) une méthode nouvelle qui donne l'éclat intrinsèque du Soleil sans faire intervenir les dimensions et la distance de cet astre. Ces quantités interviennent au contraire dans la méthode habituelle de mesure de cet éclat, basée sur l'estimation de l'éclairement solaire. Je dois à ce propos rectifier le résultat que j'ai cité d'après Müller et qui, par suite d'une ambiguïté dans le texte de cet auteur, est trop grand : c'est en réalité 100500 bougies décimales par centimètre carré, qui résulterait pour la valeur de l'éclat intrinsèque du Soleil, de l'estimation de l'éclairement solaire indiquée par Müller.

Par contre, des mesures plus récentes de l'éclairement solaire faites par M. Charles Fabry (1) et M. W. Pickering (2), on déduirait respectivement pour cet éclat intrinsèque les valeurs 184000 bougies et 352000 bougies environ. Les grandes divergences existant entre ces différents nombres prouvent que la mesure de la valeur absolue de l'éclairement solaire comporte encore une assez grande imprécision. Il y a lieu d'ailleurs de remarquer

(1) *Association française pour l'Avancement des Sciences*, 1903.

(2) *Annales of the Observatory of Harvard College*, t. LXI, 1908.

que le nombre que j'ai obtenu par ma méthode différentielle (319000 bougies décimales par centimètre carré), bien que complètement indépendant de la mesure de l'éclairement solaire, est précisément compris entre ceux qui résultent des mesures de cet éclairement par M. Charles Fabry et M. Pickering.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche de l'alcool méthylique en général et spécialement en présence de l'alcool éthylique.* Note de M. G. **Denigès.**

1. La recherche de l'alcool méthylique en présence de grandes quantités d'alcool éthylique est généralement considérée comme offrant de sérieuses difficultés pratiques. Diverses solutions ont été proposées pour résoudre cette question : celle de Trillat est une des plus ingénieuses et des plus élégantes, mais elle est un peu longue et laborieuse. La suivante, extrêmement facile à mettre en œuvre, est très sensible et convient pour des essais rapides.

Elle est basée : 1° sur la propriété qu'a le permanganate de potassium, employé dans des conditions déterminées, de ne donner que de l'éthanal avec l'alcool éthylique et du méthanal avec l'alcool méthylique; 2° sur la possibilité de déceler, à l'aide de la fuchsine bisulfitée, des traces de méthanal, même en présence de très fortes quantités d'autres produits aldéhydiques, notamment d'éthanal, à condition d'opérer en milieu fortement acide, ainsi que nous l'avons précisé récemment (¹) et comme nous l'avons appliqué pour la première fois, en 1896, à la recherche *directe* du formol dans le lait.

Le mode opératoire est le suivant : dans un tube à essai d'assez fort calibre pour pouvoir mélanger facilement, à l'aide de quelques secousses, les liquides qu'on y introduira, on met $0^{cm^3},1$ de l'alcool à essayer, on ajoute 5^{cm^3} de MnO^4K à 1 pour 100, $0^{cm^3},2$ (²) d'acide sulfurique pur et l'on mélange. Après 2 ou 3 minutes de contact, on verse 1^{cm^3} d'une solution à 8 pour 100 environ d'acide oxalique (solution saturée à froid des laboratoires) et l'on agite. Le mélange tend à se décolorer rapidement. Dès qu'il a pris une teinte jaune madère, on ajoute 1^{cm^3} d'acide sulfurique pur et l'on agite : la décoloration devient alors complète. Aussitôt après, on verse 5^{cm^3} de fuchsine bisulfitée, on mélange et l'on abandonne au repos; au bout de quelques minutes

(¹) *Comptes rendus*, t. 150, 28 février 1910, p. 525.

(²) En portant la dose d'acide sulfurique à $0^{cm^3},5$ et *a fortiori* à un chiffre plus élevé, il se produit toujours une certaine quantité de méthanal, même avec de l'alcool éthylique pur. Il est donc nécessaire de s'en tenir au chiffre prescrit.

apparaît une coloration violette d'autant plus intense que la teneur du produit essayé, en alcool méthylique, est plus considérable. Après 15 minutes, sauf pour les grandes dilutions, cette teinte a généralement pris son maximum d'intensité. Elle est extrêmement intense avec 10 pour 100 d'alcool méthylique, très forte encore avec 1 pour 100 et appréciable à une dilution au millième.

En distillant 10^{cm^3} d'alcool à essayer dans un petit et très simple déphlegmateur, formé d'un gros tube à essai surmonté d'un tube courbé à angle aigu dont la branche ascendante, d'assez large diamètre, aurait une longueur de 45^{cm} à 50^{cm}; en recueillant 1^{cm^3} à 2^{cm^3} de produit et opérant, comme plus haut, avec $0^{cm^3},1$ de distillat, on peut reconnaître jusqu'à 1 à 2 dix-millièmes d'alcool méthylique. Il est même possible de porter la limite de sensibilité au cent-millième et plus, en distillant, en fractionnant une plus grande quantité de liquide à l'aide d'un déphlegmateur plus perfectionné.

Bien entendu, avec l'alcool éthylique pur, *traité dans les mêmes conditions*, il ne se produit pas de coloration sensible, même après plusieurs heures. Il est d'ailleurs toujours utile de faire un essai comparatif avec un tel alcool, surtout quand on veut déterminer des traces d'alcool méthylique dans un alcool donné.

En opérant par comparaison avec des solutions connues d'alcool méthylique dans l'alcool éthylique, on peut exécuter, très vite, des déterminations quantitatives suffisamment précises.

Ce mode de recherche se prête fort bien à la recherche et au dosage de l'alcool méthylique dans les alcools dénaturés.

II. Nous avons remarqué que, loin d'être une gêne pour la caractérisation de l'alcool méthylique, la présence d'alcool éthylique est avantageuse, car elle permet la production transitoire d'acétal du formol qui est particulièrement apte à agir sur la fuchsine bisulfitée. C'est pour cette raison qu'on opérera comme suit, dans la recherche de l'alcool méthylique, en solution *aqueuse* avec ou sans distillation préalable, suivant la composition du milieu et après recherche préliminaire directe du formol.

On met dans un gros tube à essai 3^{cm^3} de solution d'alcool méthylique, ne devant pas titrer plus de 3 à 4 pour 100 de cet alcool, $0^{cm^3},1$ d'alcool éthylique pur à 90°-95° et 2^{cm^3} de MnO^4K à 2,5 pour 100. On agite, on ajoute $0^{cm^3},2$ d'acide sulfurique pur, on agite encore, on laisse au repos pendant 2 ou 3 minutes et l'on termine comme dans le cas précédent (action successive d'acide oxalique, d'acide sulfurique et de fuchsine bisulfitée).

On peut ainsi déceler quelques milligrammes de méthanol dans 100^{cm^3}

d'eau et pousser la limite bien plus loin si l'on fractionne la solution par distillation.

III. Quand il s'agit d'éthers méthyliques, on les saponifie par un alcali; de glucosides méthylés, on les hydrolyse par les acides dilués ou des diastases appropriées; de méthyldérivés azotés, comme les méthylxanthines, on les déméthyle puis on les saponifie, etc. Dans tous les cas, une fois ces opérations préliminaires faites, on distille, on fractionne et, avec le distillat, on caractérise, comme en II, l'alcool méthylique formé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'émétique d'arsenic et d'aniline.* Note de M. **P. Yvon**, présentée par M. E. Roux.

On prépare ce corps en faisant réagir sur une molécule de tartrate acide d'aniline, en solution aqueuse, une demi-molécule d'acide arsénieux; on évapore en consistance sirupeuse et, par refroidissement, il se dépose de volumineux cristaux, rarement incolores, le plus souvent teintés en jaune verdâtre plus ou moins foncé, parfois en rose.

Ces cristaux sont anhydres, même lorsqu'on les obtient à la température de 0°, et se présentent sous forme de tables hexagonales, isomorphes avec ceux de l'émétique d'aniline anhydre, cristallisé à $+35°$; ils renferment 22,52 pour 100 d'arsenic. Si on les maintient à une température de $+100°$, ils perdent très rapidement 1^{mol} d'eau de constitution et se transforment en dérivé anilidé.

L'émétique arsenical d'aniline répond à la formule

$$C^4H^5O^6, AsO, C^6H^7Az.$$

Il agit sur la lumière polarisée; mais son action, également dextrogyre, est moins énergique que celle de l'émétique d'aniline, et présente des particularités remarquables. Le pouvoir rotatoire, par rapport à la lumière jaune, déterminé sur des solutions renfermant respectivement 2^g, 5^g et 10^g de sel par 100^{cm^3}, présente des écarts considérables et, contrairement à ce qu'on observe avec l'acide tartrique ou avec l'émétique d'aniline, ce pouvoir est d'autant plus élevé que les solutions sont plus concentrées.

Comme moyenne d'un grand nombre de déterminations, j'ai obtenu les chiffres suivants, à la température de 18° :

		$[\alpha]_D$.
Solution à 2^g pour 100^{cm^3}	.....	$+24°,12$
» 5 »	.....	$+45,89$
» 10 »	.....	$+58,50$

Cette variation considérable du pouvoir rotatoire me paraît due à des phénomènes de dissociation qui ne peuvent être mis en évidence par la formation d'un précipité, l'acide arsénieux étant soluble dans l'eau.

En déterminant le pouvoir rotatoire de l'émétique arsenical d'aniline sur des solutions dont j'ai fait varier le titre de 1^g à 30^g pour 100^{cm^3}, j'ai obtenu pour la première dilution à 1 pour 100 le chiffre de $+14^\circ,00$, sensiblement égal à celui de l'acide tartrique ($+14^\circ,93$), ou à celui du tartrate neutre d'aniline ($+14^\circ,66$) pour des dilutions égales ; il y aurait donc dissociation complète.

A mesure que la concentration des solutions d'émétique arsenical d'aniline s'accroît, le pouvoir rotatoire augmente d'abord très rapidement jusqu'à la concentration de 10^g pour 100^{cm^3}; l'accroissement devient de plus en plus faible lorsque le poids de sel dissous s'élève de 10^g à 20^g pour 100^{cm^3} ; à partir de ce dernier chiffre et jusqu'à 30^g, les variations du pouvoir rotatoire semblent ne plus se produire : il n'y aurait plus de dissociation. Le pouvoir rotatoire maximum que l'on observe dans ces conditions et qui est celui de l'émétique arsenical d'aniline en solution aqueuse stable est égal à $+68^\circ,77$.

La densité de l'émétique arsenical d'aniline est de 1,808. La solubilité dans l'eau est considérable et s'accroît rapidement avec la température.

100^g d'eau dissolvent :

A $+15^\circ$	$41^g,84$ de sel
A $+20$	47,66 »
A $+35$	189,60 »
A $+100$	756,00 »

L'émétique arsenical d'aniline est notablement soluble dans l'alcool :

A la température de 18°,

100^g d'alcool à 60° dissolvent	$6^g,42$ de sel
100^g d'alcool à 90° dissolvent	$2^g,21$ de sel

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur la cytologie des levures.* Note [1] de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans un Mémoire paru en 1898, Wager avait soutenu que les levures offrent un noyau d'organisation rudimentaire, constitué par une vacuole nucléaire et par un nucléole situé en dehors de cette vacuole, mais toujours accolé à elle.

---

[1] Présentée dans la séance du 21 mars 1910.

Dès 1901, nous avons combattu cette opinion et montré que la structure des levures ne diffère en rien de celle des autres champignons. La vacuole nucléaire n'est, en effet, selon nous, qu'une vacuole sécrétrice, et les granules colorables qu'elle renferme sont des grains de sécrétion (matières de réserve) identiques aux corpuscules métachromatiques décrits autrefois par Bahès dans les bactéries. Quant au nucléole de Wager, nous avons montré qu'il présente la structure bien caractérisée d'un noyau.

Depuis cette époque, notre manière de voir s'est trouvée confirmée par les observations d'un grand nombre d'auteurs.

Cependant, Wager et Peniston ont repris tout dernièrement la question de la cytologie des levures et reviennent à l'ancienne conception de la vacuole nucléaire. Ils admettent l'existence d'un noyau formé d'une vacuole nucléaire et d'un nucléole. Les corpuscules métachromatiques, selon eux, seraient surtout localisés dans le cytoplasme, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on en rencontrerait dans la vacuole nucléaire. Enfin, la chromatine pourrait à certains stades se diffuser dans le cytoplasme.

En présence de cette divergence de vue, nous nous sommes donc cru obligé à reprendre nos observations sur la cytologie des levures. Ces nouvelles observations, qui ont surtout porté sur le *S. cerevisiæ*, nous ont amené à confirmer entièrement nos premiers résultats. L'opinion soutenue avec tant d'instance par Wager et Peniston est absolument insoutenable et cela pour deux raisons.

La première est que la vacuole nucléaire de Wager fixe les colorants vitaux. Si l'on place des cellules vivantes de levures, prélevées au début de la fermentation, dans une solution de $\frac{1}{10000}$ de rouge neutre, on constate que le cytoplasme et le noyau restent absolument incolores. Le colorant se localise uniquement dans la vacuole qu'il colore d'une manière diffuse et se fixe électivement sur les corpuscules métachromatiques contenus dans ces vacuoles; ces corpuscules prennent alors une coloration d'un beau rouge.

Contrairement à l'opinion de Wager et Peniston, ces corps sont donc à peu près exclusivement localisés dans la vacuole. Le noyau et le cytoplasme ne se colorent qu'après la mort de la cellule. Or il est actuellement admis que les vacuoles sécrétrices et les grains de sécrétion sont seuls susceptibles de prendre les colorants pendant la vie cellulaire. Voilà donc là, selon nous, un argument très précis montrant que la vacuole n'a aucun caractère nucléaire.

La seconde raison est que le *nucléole* de Wager présente, comme nous l'avons déjà dit, s'il est convenablement fixé et coloré, une structure très différenciée avec charpente chromatique, nucléole et membrane colorable. C'est donc la preuve définitive que ce corps n'est pas un nucléole comme le pensent Wager et Peniston, mais représente bien un noyau typique.

D'ailleurs, la structure que nous avons décrite dans les levures ne diffère pas de celle qu'on observe dans toutes les moisissures et dans les Ascomycètes supérieurs. Dans ces derniers, les hyphes ascogènes et les cellules mères des asques, à leur origine, offrent de petits noyaux ne prenant pas le rouge neutre, absolument analogues à celui des levures, et un cytoplasme parsemé de vacuoles renfermant des corpuscules métachromatiques qui seuls se colorent par le rouge neutre à l'état vivant. Après la fusion nucléaire de l'asque, le noyau qui en résulte offre des dimensions considérables et sa structure est particulièrement nette. Enfin, il subit une série de mitoses nécessaires à la formation des spores. Peut-on dire que ce noyau n'est qu'un nucléole?

La valeur nucléaire du *nucléole* de Wager ne laisse donc pas le moindre doute et il serait superflu d'insister davantage.

Mais ce qui complique beaucoup l'étude cytologique des levures, c'est que ce sont des cellules douées d'une fonction sécrétoire très active. Comme toutes les cellules sécrétrices, elles présentent donc une série de phénomènes cytologiques en rapport avec la sécrétion. Observons donc les modifications qui se produisent dans les cellules du *S. cerevisiæ* au cours de la fermentation.

Après 24 heures de fermentation, la cellule, qui au début présentait la structure que nous venons de décrire, subit des modifications très importantes. Le cytoplasme se creuse d'un certain nombre de vacuoles remplies de glycogène et distinctes de la vacuole qui renferme les corpuscules métachromatiques. Le cytoplasme prend ainsi une structure alvéolaire. Le noyau se place toujours au centre; il semble se gonfler et offre parfois un contour un peu amiboïde.

On observe à ce moment, dans tout le cytoplasme et surtout autour du noyau et le long de la paroi cellulaire, l'apparition d'un grand nombre de grains de formes très irrégulières, fixant très fortement l'hématoxyline ferrique et faiblement colorables au contraire par les autres teintures nucléaires. Ces grains, qui n'avaient pas jusqu'ici attiré notre attention, sont surtout abondants dans la période active de la fermentation. Cependant, ils ne paraissent pas en relation directe avec ce phénomène, car on les observe même dans les conditions de vie aérobie de la levure. Ce sont en tous cas des produits de nutrition (grains de zymogène ou de réserve). Les *grains basophiles*, c'est ainsi que nous les désignerons, sont visibles sur le vivant sous forme de granules brillants et se distinguent des corpuscules métachromatiques par le fait qu'ils ne prennent pas le rouge neutre.

Après 48 heures de fermentation, les vacuoles glycogéniques se fusionnent en une énorme vacuole qui occupe presque tout le volume de la cellule et refoule le noyau, le cytoplasme et la vacuole à corpuscules métachromatiques, à l'un des pôles. La cellule est alors transformée en une sorte de glande à glycogène. Les grains basophiles disparaissent complètement, mais on voit apparaître dans la vacuole glycogénique une quantité considérable de petits grains qui ne diffèrent des grains basophiles que par leurs plus petites dimensions et leur moindre chromaticité, et qui paraissent résulter de la transformation des premiers. A ce stade, le noyau subit une variation de chromaticité très nette, il se colore intensivement et prend un aspect homogène. A la fin de la fermentation, les cellules reprennent la structure qu'elles offraient au début.

Ainsi le noyau persiste pendant tout le cours de la fermentation, et à aucun stade,

on ne peut observer de diffusion de la chromatine dans le cytoplasme, contrairement aux affirmations hâtives de Wager et Peniston. Il est probable qu'il s'opère des échanges osmotiques entre le noyau et le cytoplasme, comme dans toute cellule sécrétrice, mais il est impossible de constater le moindre passage de la chromatine nucléaire dans le cytoplasme; quant aux modifications de structure que nous avons constatées au cours de la fermentation, changement de structure du cytoplasme, apparition de grains de sécrétion, variation de chromaticité du noyau, ce sont des phénomènes bien connus dans les cellules sécrétrices.

Les nouvelles observations que nous venons de faire sur la cytologie des levures ont donc entièrement confirmé nos premiers résultats.

AGRONOMIE. — *Sur la présence du bore dans les vins d'Algérie.* Note de M. **Dugast**, présentée par M. A. Müntz.

L'acide borique est très répandu dans la nature. On le trouve dans les cendres de beaucoup de graines ou de fruits.

En 1889, Crampton a signalé sa présence dans les vins de Californie (¹).

Plus récemment, Azarelli a examiné 84 échantillons de vins de Sicile et a trouvé de l'acide borique dans tous. Le dosage de l'acide borique effectué sur 6 échantillons a donné des quantités variant entre 19^{mg} et 41^{mg} par litre de vin (²).

L'application de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes nous a amené à rechercher l'acide borique dans les vins d'Algérie. L'examen d'un grand nombre d'échantillons d'origine certaine et de pureté indiscutable a démontré la présence constante de l'acide borique dans ces vins.

En outre, nous avons constaté la présence du bore dans les divers organes de la vigne, notamment dans les cendres des sarments, des pellicules et des pépins. La proportion est relativement forte dans les pellicules et les pépins. Pour effectuer ces recherches, nous nous sommes servi du procédé officiel français en opérant de la manière suivante :

On évapore 50^{cm^3} de vin dans une capsule de platine et le résidu est incinéré à basse température, sans atteindre le rouge sombre ; de cette manière on obtient des cendres blanches à peu près exemptes de charbon. Les cendres sont introduites dans un petit ballon d'environ 100^{cm^3}, puis on ajoute 2^{cm^3} d'acide sulfurique qu'on verse d'abord dans

(¹) Crampton, *Ber. chem. Gesell.*, 1889, p. 1072.

(²) Azarelli, *Gazetta chimica italiana*, 1906, p. 575.

la capsule avant de les faire passer dans le ballon. Ensuite, on introduit 8^{cm^3} d'alcool méthylique pur qu'on ajoute en deux fois en lavant la capsule.

On adapte le ballon à un petit réfrigérant et l'on distille à feu nu jusqu'à l'apparition de vapeurs blanches dans la capsule de platine qui sert à recueillir le produit distillé. Le bore est ainsi entraîné à l'état d'éther méthylique.

On porte ensuite la capsule dans une pièce obscure, on enflamme le liquide distillé et l'on observe la coloration de la flamme.

On s'assure, au préalable, par quelques essais à blanc, que l'acide méthylique et l'acide sulfurique employés ne donnent aucune trace de coloration.

Tous les échantillons ainsi examinés ont présenté la coloration verte caractéristique, mais avec une intensité et une durée très variables [1].

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur un nouveau mode de traitement contre le mildew, au moyen de l'oxychlorure de cuivre.* Note de M. **E. Chuard**, présentée par M. Ad. Carnot.

L'emploi, actuellement généralisé, du sulfate de cuivre dans les traitements contre le mildew présente deux inconvénients sérieux, que, jusqu'ici, on n'a pas encore réussi à éviter complètement :

1° Obligation de dissoudre, puis ensuite de précipiter le sulfate de cuivre, au moyen de la chaux ou d'un carbonate alcalin, de façon à obtenir les bouillies cupriques, mélanges d'hydrate ou de carbonate de cuivre et de sulfate de chaux. De là une manipulation compliquée pour le viticulteur, ou tout au moins ennuyeuse, et surtout une insécurité concernant la composition du produit ainsi préparé.

2° Nécessité d'employer des doses massives de cuivre, puisque l'on compte au moins 2^{kg} de sulfate de cuivre par hectolitre de bouillie cuprique et que les dosages à 3 pour 100 sont encore très fréquents dans la pratique. Sans parler de la dépense ainsi imposée à la viticulture, il faut attirer l'attention sur la diffusion qui en résulte de quantités considérables de métal, désormais perdu et soustrait définitivement à ses applications industrielles.

Cette diffusion du cuivre dans le sol des vignobles n'est pas sans préoccuper ceux qui voient plus loin que l'avenir immédiat, surtout si l'on prend garde que les traitements cupriques sont devenus réguliers et s'appliquent quelles que soient les circonstances, leur rôle étant essentiellement préventif.

---

[1] Cette Note était écrite lorsque j'ai eu connaissance des travaux de MM. Gabriel Bertrand et H. Agulhon sur la recherche et le dosage du bore.

Je rappellerai à ce sujet que des recherches déjà publiées, effectuées en 1907 sur des échantillons de terre prélevés dans la vigne d'essais de la station viticole de Lausanne, m'ont permis de constater, après 20 ans de traitements cupriques, une proportion de cuivre de 35^{mg} par kilogramme dans la couche arable superficielle, soit sur une profondeur de 20^{cm}.

Connaissant les quantités de cuivre dépensées durant cette période sur la vigne en question, on calcule que, si la totalité avait été fixée dans la couche analysée de 20^{cm}, celle-ci aurait dû doser 72^{mg} de ce métal. L'entraînement par les eaux et l'enlèvement par les produits sortis de la vigne ont eu pour résultat de réduire ce dosage au chiffre constaté de 35^{mg}.

Ce sont là des quantités qu'on peut considérer déjà comme n'étant pas négligeables. Mais, dès lors, d'autres déterminations ont été faites qui ont révélé des dosages notablement supérieurs, surtout dans les terrains bénéficiant d'un climat sec, où l'entraînement par les eaux est réduit à un minimum.

Ainsi, dans des terres de vignes de la vallée du Rhône, en Valais, M. F. Porchet, de la station viticole de Lausanne, a dosé récemment des quantités de cuivre comprises entre 54^{mg} et 112^{mg} par kilogramme de terre de la couche arable superficielle.

Si l'on songe que les traitements cupriques de la vigne contre le mildew ne se sont généralisés que depuis un quart de siècle, on ne peut s'empêcher de concevoir quelques inquiétudes, sinon pour la période actuelle, tout au moins pour un avenir éloigné.

Une diminution sérieuse de cette diffusion du cuivre est donc souhaitable à tous les points de vue. On a tout d'abord essayé de la réaliser en employant des solutions de sulfate de cuivre à faible concentration; mais sans succès réel, par suite des propriétés corrosives et du manque d'adhérence du produit. Puis on s'est adressé à l'acétate de cuivre, spécialement à l'acétate neutre, ou verdet, dont la production est plus facile. Une solution à 1 pour 100 de verdet réalise une économie notable de cuivre avec une efficacité à peu égale à celle d'une bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre.

Mais le verdet a l'inconvénient d'être, comme le sulfate de cuivre, entièrement soluble et aisément lessivé par une pluie survenant peu après son application. En outre, il ne laisse presque pas de trace visible sur les feuilles, inconvénient qui limite son emploi dans la pratique.

L'idéal serait de disposer d'un composé cuprique défini susceptible d'être employé directement, après simple mélange avec l'eau, et présentant des qualités d'adhérence et d'action anticryptogamique qui permettent de diminuer sensiblement la quantité de cuivre dépensée.

Ces avantages sont obtenus par l'emploi de *l'oxychlorure de cuivre*, dont j'ai commencé l'essai en 1906 déjà et qui, durant la dernière campagne de lutte contre le mildew, a été employé avec succès en France par de nombreux viticulteurs de toutes les régions viticoles importantes.

Ce produit, actuellement dans le commerce, est obtenu directement du cuivre, dans la fabrication électrolytique de la soude ou de la potasse, par le procédé Granier, basé sur l'emploi d'anodes en cuivre métallique.

C'est une poudre vert clair, non cristalline, insoluble dans l'eau, mais qui demeure suffisamment en suspension dans ce liquide pour permettre une application régulière et qui présente une adhérence remarquable, propriété assez générale du reste des oxychlorures.

Ce produit renferme environ 50 pour 100 de cuivre. A la dose de 500^g par hectolitre, il a donné régulièrement des résultats au moins équivalents à ceux obtenus d'une bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre. C'est une diminution de 50 pour 100 de la quantité de cuivre dépensée.

Or la France seule consomme annuellement plus de 12 millions de kilogrammes de cuivre pour la préservation de ses 1625000^{ha} de vignes; l'Europe, comptant environ 6 millions d'hectares de vignes, en consomme, en admettant la même proportion, plus de 42 millions. Ces chiffres montrent l'importance que présenterait la substitution de l'oxychlorure de cuivre au sulfate. Sans parler de l'économie de main-d'œuvre qui en résulte pour le viticulteur, cette substitution permettrait de conserver annuellement plus de 20 millions de kilogrammes de cuivre à ses nombreuses applications.

Quant à l'explication de l'efficacité à doses réduites de ce nouveau produit, elle est donnée par une observation sur laquelle j'aurai à revenir : l'oxychlorure de cuivre exposé à l'air et à l'humidité, comme il l'est après son application sur la feuille, subit une oxydation qui donne naissance progressivement à de petites quantités de chlorure cuivrique soluble. Cette formation, dont j'étudie actuellement le mécanisme, d'un composé très facilement ionisable, explique de la manière la plus claire et la plus satisfaisante la supériorité de l'oxychlorure de cuivre sur l'hydrate ou le carbonate, formes incomparablement moins dissociables, sous lesquelles se trouve le cuivre dans les bouillies cupriques.

GÉOLOGIE. — *Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud.* Note de M. **Maurice Gignoux**.

On connaît depuis longtemps dans l'Italie du Sud un ensemble de formations marines fossilifères plus récentes que le Pliocène ancien (Plaisancien

et Astien) et appelées *postpliocènes*, *siciliennes*, etc., par les divers auteurs. Elles ont été caractérisées : 1° par la disparition d'espèces pliocènes et l'apparition d'espèces actuelles; 2° par l'apparition de formes spéciales aux mers froides, dites « immigrés du Nord ». Pour établir une classification chronologique dans cet ensemble, on se basait principalement sur le pourcentage des espèces éteintes, méthode donnant des résultats le plus souvent assez confus. En cherchant à préciser les rapports stratigraphiques des diverses formations postpliocènes entre elles et avec le Pliocène, j'ai été conduit aux résultats suivants :

I. *Le Pliocène supérieur.* — En partant du Pliocène vrai, on voit d'abord s'y superposer, en concordance et en continuité parfaite, un premier ensemble de ces formations dites *postpliocènes;* comme, d'autre part, entre le Plaisancien et l'Astien, il y a également continuité, on a ainsi une puissante série de remblaiement dans laquelle il est impossible de faire des coupures stratigraphiques. Il est donc naturel d'étendre le nom de *Pliocène* à toute cette série. Mais il y a intérêt à distinguer de l'Astien ces formations dites *postpliocènes* qui le surmontent en continuité; je proposerais pour elles le nom de *Calabrien* (¹). La faune calabrienne est, comme je l'ai dit au début, différente, dans l'ensemble, de la faune astienne; mais il y a continuité absolue entre les deux faunes, ce qui n'a peut-être pas été assez mis en évidence; car : 1° l'apparition des immigrés du Nord ne peut être considérée comme propre au Postpliocène (on trouve la *Cyprina islandica* dans le Pliocène ancien de Castellarquato, du Modenais, d'Algérie); 2° la disparition des espèces pliocènes est progressive, certaines d'entre elles, et des plus caractéristiques (*Pecten flabelliformis*, *Turritella tornata*), se trouvant dans des couches à faune par ailleurs nettement postpliocène.

Ainsi une grande partie des formations dites postpliocènes *doit être rangée dans un étage calabrien qui fait encore partie intégrante de la série pliocène;* et du Plaisancien au Calabrien on a des facies de plus en plus littoraux, de sorte que, partant des argiles plaisanciennes, on arrive à des alluvions continentales qui couronnent le Calabrien et marquent la fin du remblaiement pliocène. Cette série est particulièrement nette en Calabre où elle offre les gisements postpliocènes célèbres du détroit de Catanzaro, de Monosterace, des environs de Reggio; ici, en particulier, le « Quaternaire à 830ᵐ d'altitude », cité par les auteurs d'après Seguenza, appartient au Calabrien, et le *Quaternaire supérieur* (q_s) de la Carte géologique au $\frac{1}{100000}$ (feuille Messine) est formé par les graviers calabriens, en couches fortement plongeantes vers la mer. De

(¹) Comme nous le verrons plus loin, le nom de *Sicilien* ne peut leur être appliqué, car les formations de Palerme, type du Sicilien, sont d'âge plus récent; quant au terme de *Villafranchien*, il s'applique à un facies continental.

même, les formations qui ont achevé le remblaiement de la dépression entre Apennin et Pouilles (gisement de Gravina, etc.) appartiennent au Calabrien. En Sicile on retrouve le Calabrien à Gravitelli près Messine, à Catane, Girgenti, etc.

II. *Le Quaternaire.* — En contre-bas de cette première série de remblaiement, on observe des formations plus jeunes, qui reposent par conséquent en discontinuité, et parfois en discordance, sur le Pliocène qu'elles ravinent. J'ai déjà montré (*Comptes rendus*, 28 décembre 1908) que c'était précisément le cas pour le Postpliocène de Palerme, type de l'étage *sicilien*. Il est naturel de faire commencer avec elles le Quaternaire. On peut y distinguer deux faunes successives :

1° La plus ancienne est typique dans le Postpliocène de Palerme : c'est la faune « sicilienne » caractérisée par l'abondance relative des « immigrés du Nord », déjà apparus dans le Calabrien, et même plus tôt, et par la très grande rareté des espèces éteintes; par son facies profond (Palerme, Bosarno), cette faune diffère très peu de la faune calabrienne supérieure; son facies littoral est à peu près identique à la faune littorale actuelle (Milazzo, panchinas sur toutes les côtes).

2° La plus récente est bien connue des géologues français : c'est la faune des « couches à Strombes », très nettement caractérisée par l'apparition de formes vivant aujourd'hui dans l'Atlantique Sud (Sferracavallo près Palerme, Ravagnese et Boveto près Reggio, Postpliocène de Tarente, Gallipoli).

On peut donc résumer ainsi la classification des terrains récents dans l'Italie du Sud :

1° Un premier cycle de remblaiement où le facies et la faune permettent de distinguer des étages plaisancien, astien (Pliocène ancien), calabrien (Pliocène récent); 2° une série de terrasses marines quaternaires : les plus anciennes renferment la faune sicilienne, les plus récentes la faune des couches à Strombes.

Les formations postpliocènes des auteurs italiens se répartissent ainsi entre le Calabrien, le Sicilien et les couches à Strombes.

Essayons d'étendre cette classification plus au Nord. Près de Rome, les sables du *Monte-Mario* se rangent naturellement, par leur faune et leur position stratigraphique, dans l'étage calabrien, tandis que les panchinas de la côte romaine sont quaternaires. En Toscane nous retrouvons : le Calabrien typique dans les sables de *Vallebiaja*, près Pise, concordants avec le Pliocène ancien; le Sicilien dans les couches à *Cyprina islandica* de *Livourne*, et les couches à Strombes dans une partie des panchinas de Livourne; le Quaternaire repose ici directement sur l'Éocène. Plus au Nord, les formations dites *villafranchiennes* (Astésan) qui recouvrent en concordance l'Astien et terminent le remblaiement pliocène se montrent stratigraphiquement placées comme le Calabrien marin de l'Italie du Sud, dont elles sont un facies continental (d'ailleurs dans l'ensemble, le facies des différents termes de la série pliocène devient toujours de plus littoral vers le Nord). Enfin, dans la vallée du Rhône, le remblaiement pliocène se

termine par les *alluvions des plateaux*, en contre-bas desquelles apparaissent les *Deckenschotter*, puis les *hautes et basses terrasses;* ainsi nous serions conduits à paralléliser les alluvions des plateaux avec le Calabrien, et à ranger dans le Quaternaire les Deckenschotter et les hautes et basses terrasses.

Y a-t-il dans les faunes de Mammifères (très mal connues dans l'Italie du Sud) des raisons justifiant ces parallélismes?

Dans le Sicilien de *Palerme* existe l'*Elephas antiquus* associé à des coquilles marines. Dans le Calabrien (Sicilien de Seguenza) de *Gravitelli*, près Messine, on a trouvé un Éléphant qui paraît être le *meridionalis*. Cette même espèce se retrouve au *Monte-Mario* (Calabrien) associée à des Oursins. Le Quaternaire de *Livourne* a fourni de nombreux restes d'*E. antiquus*. Enfin la faune *Villafranchienne*, bien connue du nord de l'Italie, est caractérisée par l'*E. meridionalis*.

Il semble donc que l'*E. meridionalis* persiste jusqu'à la fin du Calabrien, qui se trouve ainsi rattaché au Pliocène. Au contraire, le Quaternaire serait marqué par l'apparition de l'*E. antiquus*. Ce sont précisément les conclusions auxquelles semble conduire l'étude du Pliocène et du Quaternaire dans la vallée du Rhône.

Dans un travail plus étendu, je me propose de préciser dans les détails ces diverses conclusions et de me baser sur les synchronismes ainsi établis pour l'étude des altitudes des anciennes lignes de rivage.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation du Marais poitevin et la séparation des îles de Ré et d'Oleron.* Note de M. **Jules Welsch**, transmise par M. Michel Lévy.

I. Au milieu du Marais, on voit un certain nombre de mamelons qui le dominent quelquefois d'assez haut; on les appelle des *îles;* la plupart sont formées de calcaires jurassiques, comme l'île Delle dont le sommet atteint l'altitude 27^{m}, tandis que la surface du marais ne dépasse guère l'altitude 3^{m}. Sur la partie culminante de ces îles, on trouve souvent des restes d'un ancien *terrain de transport*, composé de sable avec de l'argile terreuse, avec de nombreux galets roulés de quartz blanc et des débris siliceux arrachés à toutes les formations antérieures; il ne renferme pas de calcaire dans sa masse; mais, à sa base, on retrouve les débris des formations antérieures plus ou moins décalcifiées. Ce terrain de transport se retrouve sur les sommets de Vix (alt. 29^{m} et 34^{m}), de Sansais (alt. 31^{m}), et en beaucoup d'autres points; on peut le reconnaître et le suivre à l'état de lambeaux jusque sur le Seuil du Poitou, où il constitue un *terrain de transport des plateaux* (alt. 140^{m} et 144^{m}), et jusque vers le Limousin (alt. 220^{m}). A

l'Ouest, sur la côte, on le voit à Saint-Michel-en-Lherm (alt. 12^{m}), au Vieux-Chatelaillon, sur le sommet des îles d'Aix et Madame, dans l'île d'Oleron, où il est particulièrement net en haut des falaises de Chassiron (alt. 10^{m}). L'épaisseur de cette formation ne dépasse guère quelques mètres; c'est une assise très homogène et je l'ai retrouvée sur une étendue plus grande que l'ensemble des Landes du sud-ouest de la France.

Déjà avant le dépôt du terrain de transport des plateaux, la région constituait une immense plaine; les dislocations antérieures peuvent être mises en évidence par l'argument géologique pur, mais elles appartiennent, au point de vue topographique, à quelque chose de très différent de l'aspect actuel.

Après le dépôt de ce terrain de transport, l'ensemble de la région formait une sorte de plateau incliné vers l'Ouest ou le Sud-Ouest, quelque chose d'analogue à la surface des Landes actuelles. Il est difficile de dire jusqu'où s'étendait le continent à l'ouest de Chassiron; peut-être s'appuyait-il sur les roches cristallines de Rochebonne.

J'ai toujours considéré, après d'autres géologues, ce terrain comme pliocène, et je l'ai indiqué ainsi sur diverses feuilles de la Carte géologique détaillée de la France, mais je n'y ai jamais trouvé de fossiles. J'ai constaté, en divers points, sa superposition sur les faluns miocènes; notamment sur les *Cardita striatissima*, que l'on considère généralement comme représentant le Miocène supérieur; je citerai la Morelière, près Chassiron, dans l'île d'Oleron. Je puis ajouter le gisement de la Presselière de Sceaux, au nord d'Angers, pour indiquer en passant l'étendue que j'attribue à cette formation.

Le terrain de transport pliocène est antérieur au principal creusement des vallées du Seuil du Poitou, à la formation du Marais et à la séparation des îles.

Dans le Marais, sur l'île de Maillezais, à l'altitude 14^{m}, M. Gelin a signalé un gisement marin isolé. J'ai trouvé là *Cardium tuberculatum* Linné, *Nassa* (*Buccinum*) *reticulata* Linné, *Cerithium vulgatum* Brug., var. Ces espèces se retrouvent encore aujourd'hui dans la mer voisine; on cite la dernière depuis la Bretagne jusqu'au Sénégal et à la Méditerranée, elle est en voie de disparaître sur la côte de la Loire-Inférieure, d'après M. Louis Bureau; la variété trouvée présente quelques différences avec toutes les formes actuelles, d'après M. Joly.

Cette faune de Maillezais, que je rapporte au Pliocène supérieur, indique une incursion de la mer dans la région considérée, et un déplacement des lignes de rivage dépassant de 14^{m} l'état actuel des choses. Cette transgres-

sion n'a été possible qu'à la suite d'une première série de mouvements, commençant peut-être les dislocations qui ont amené la séparation des îles.

III. Après le dépôt des couches de Maillezais, on constate de nouvelles dislocations beaucoup plus considérables, qui ont déterminé la formation des Pertuis et celle du golfe du Poitou; la faille de Benet, qui limite si nettement la plaine de Niort à Fontenay, est de cette époque; j'ajoute que ce peut être une ancienne faille post-éocène qui a rejoué. Ces failles, avec effondrements, ont amené la fragmentation du massif jurassique qui existait sur l'emplacement du Marais actuel; la mer a pénétré jusque vers Coulon, formant le golfe du Poitou. L'érosion continentale et l'érosion marine ont pris un développement considérable, à ce moment, par suite des changements de niveau du sol; c'est l'époque du principal creusement des vallées de la Sèvre et de ses affluents, du Lay, etc.

IV. Dans le Seuil du Poitou, les alluvions du fond des vallées renferment *Elephas antiquus* et *Elephas primigenius*, qui caractérisent le Pléistocène; l'époque du principal creusement des vallées est donc un peu antérieure et peut répondre à la fin du Pliocène. Du reste on trouve des terrasses à divers niveaux depuis le plateau jusqu'au fond des vallées.

Les alluvions anciennes des vallées se retrouvent à Coulon et en d'autres points du Marais poitevin; elles se relient à des *cordons littoraux* de sables et galets roulés laissés par la mer sur les bords de l'ancien golfe et autour des îles. Cette mer était à la même altitude que la mer actuelle. J'ai recueilli, en divers points, près de soixante espèces de coquilles marines; toutes vivent encore dans l'océan voisin; peut-être y a-t-il deux ou trois variétés qu'on pourrait distinguer. Il y a une discordance de situation très nette entre les cailloux roulés du Pliocène des plateaux sur le sommet des îles du Marais et le cordon littoral quaternaire qu'on voit souvent à la base de ces coteaux.

V. Un changement de régime s'est produit ensuite; les rivières n'ont plus amené de galets roulés; l'époque moderne des géologues a commencé, et le golfe du Poitou s'est comblé par des dépôts de vase marine et d'alluvions fluviatiles, qui se continuent encore aujourd'hui.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, annonçant à l'Académie la mort de M. Agassiz, s'exprime comme il suit :

J'ai le regret de faire part à l'Académie de la mort de notre Associé étranger Alexandre Agassiz. Il y a quelques semaines, Agassiz, de passage à Paris, assistait à une de nos séances; une dépêche annonce qu'il vient de mourir sur le bateau qui le ramenait en Amérique.

C'était pour la seconde fois que le nom d'Agassiz figurait sur notre liste d'Associés. Fils de Louis Agassiz, Alexandre Agassiz, né à Neufchâtel en 1835, a été digne de son illustre père. Il fut un grand zoologiste, et le principal représentant en Amérique de la biologie marine. Il a donné une vive impulsion aux recherches embryogéniques, et étudié surtout à fond les formes larvaires. Les Échinodermes l'ont particulièrement attiré, et on lui doit la connaissance des formes transitoires des Étoiles de mer, des Oursins, des Holothuries. Agassiz a montré aussi que certaines Annélides présentent des phénomènes de génération alternante compliquée, si bien que les trois formes neutre, mâle et femelle d'une même espèce avaient été classées dans trois genres différents. Ces admirables travaux préserveront son nom de l'oubli, ainsi que ses recherches sur les Poissons, qui ont eu un grand retentissement parmi les paléontologistes. Agassiz avait fondé à Newport le premier laboratoire de zoologie marine; je me rappelle avoir eu jadis l'heureuse fortune de l'y rencontrer et avoir été le témoin de ses enthousiasmes scientifiques.

Agassiz fut aussi un grand explorateur des mers. Dès 1868, reprenant les explorations sous-marines commencées par son père, il visita les côtes de l'Amérique, depuis le Massachusetts jusqu'à la Floride et le golfe du Mexique. Il explora ensuite le Pacifique, rapportant quantité d'échantillons

et d'observations précieuses pour la biologie marine. Quelques-unes de ses recherches ont une portée géologique considérable, comme celles qui concernent les récifs de coraux. Agassiz montre que les conclusions de Darwin à ce sujet, supposant un lent abaissement du fond de la mer, n'ont pas la généralité admise jusque-là.

La disparition d'un savant, dont la féconde activité a touché à tant de sujets, est pour la Science une grande perte. L'Académie s'associe aux regrets que cause aux États-Unis la mort de l'illustre naturaliste.

M. le **Président** rend compte, dans les termes suivants, des fêtes de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco :

L'Académie était représentée à l'inauguration du Musée océanographique de Monaco. Plusieurs de nos confrères et moi avons assisté aux fêtes brillantes données à cette occasion. Le Musée océanographique est situé dans une position magnifique, presque à la pointe sud du rocher de Monaco, dominant la mer de près de soixante mètres. Il renferme les admirables collections provenant des campagnes effectuées par le Prince depuis 25 ans, avec des représentants des faunes de diverses profondeurs, qui vont jusqu'à plus de 6000^{m}. On y trouve aussi tous les instruments employés, tels que sondes, thermomètres à retournement, bouteilles pour capter l'eau, filets variés et dragues. D'une façon générale, ce Musée, unique au monde, doit contenir tout ce qui se rapporte aux chapitres des sciences physiques et biologiques, qu'on réunit aujourd'hui sous le nom d'*Océanographie*, en y comprenant aussi de nombreuses applications pratiques. Il possède en plus des laboratoires où sont conviés les savants qui s'intéressent aux choses de la mer.

De nombreuses Académies et Sociétés scientifiques avaient envoyé des délégués à Monaco. Ils ont fait à votre Président l'honneur de lui demander de prendre la parole en leur nom. J'ai donc joint leurs hommages à l'expression du haut intérêt que porte l'Académie des Sciences de Paris aux recherches du Prince éclairé dont le nom figure sur la liste de ses Associés étrangers.

NOMINATIONS.

MM. **Zeiller** et **Mangin** sont désignés pour représenter l'Académie au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, qui se tiendra à Bruxelles du 14 au 22 mai 1910.

M. le **Président de la Ligue maritime française** invite l'Académie à se faire représenter à l'*Assemblée générale* qui aura lieu le dimanche 10 avril à la Sorbonne.

M. **L.-E. Bertin** est désigné pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **C.-Th. Albrecht**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

Le **Secrétaire général du XIe Congrès géologique international** invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, qui se tiendra à Stockholm du 18 au 25 août prochain.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Dieu et Science. Essais de psychologie des sciences*, par Élie de Cyon. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

2° Le *Compte rendu* des travaux exécutés par le Service géographique de l'Armée en Indo-Chine, pendant l'année 1909.

3° Les planches I-IX de la *Carte photographique du Ciel*, dressées par l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle.

ASTRONOMIE. — *Sur la théorie de Fontenelle relative à la constitution des comètes.* Note de M. **Wilfrid de Fonvielle**.

L'idée de comparer les comètes à d'immenses lentilles de verre concentrant derrière elles les rayons solaires et éclairant avec une vivacité considérable les objets matériels sur lesquels elles tombent, est tellement naturelle qu'on ignore en quelque sorte son origine. Elle fut indiquée par le

philosophe Sénèque dès le commencement de l'ère chrétienne, dans un chapitre de ses *Questions naturelles*. Mais elle fut abandonnée à l'exemple de Kepler qui après l'avoir propagée avec enthousiasme y renonça, après avoir constaté qu'une grande comète qu'il eut l'occasion d'observer possédait une queue courbe. C'est l'impossibilité d'expliquer cette disposition singulière qui modifia complètement son opinion.

Sans s'arrêter à cette objection, l'illustre Fontenelle, l'un des premiers secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, exposa avec une verve admirable cette manière de voir dans sa *Pluralité des mondes*, un des chefs-d'œuvre de la littérature astronomique.

On me permettra donc, je l'espère, de saisir l'occasion de l'apparition de la comète de Halley et de plusieurs corps célestes du même genre pour appeler l'attention de l'Académie sur les arguments qui recommandent en ce moment l'opinion d'un grand français à l'attention du monde savant.

Actuellement, sur toutes les côtes civilisées, on rencontre un grand nombre de phares qui reproduisent avec éclat des phénomènes analogues à ceux auxquels Fontenelle attribue la formation des queues de comète. Les poussières de l'air atmosphérique et les molécules des gaz qui le composent jouent dans notre océan aérien le rôle que Fontenelle attribue aux matières solides qui gravitent dans l'espace.

Aujourd'hui qu'on sait d'une façon incontestable que la substance diaphane qui constitue les comètes est bien un gaz doué de réfringence, on devrait se demander ce que devient la lumière traversant ces corps célestes et s'y concentrant forcément, si l'on soutenait qu'elle ne constitue pas la queue. L'explication de Fontenelle ne pourrait point être abandonnée sans résistance, même dans le cas où l'on ne trouverait aucun moyen pour répondre à l'objection qui, suivant nous, devait dérouter le génie de Kepler, mais aujourd'hui ne possède plus aucune valeur sérieuse.

En effet, ce que l'immortel auteur des lois sublimes, représentant le mouvement des planètes et des comètes autour du Soleil, ignorait profondément, ce dont il ne pouvait avoir aucune notion, c'est que la lumière met un temps appréciable à parcourir les espaces célestes.

Les queues de comète ne se manifestent, avec des dimensions considérables et des courbures appréciables, que lorsque l'astre d'où elles émanent est situé dans le voisinage du Soleil; il faut deux conditions essentielles. La première, nécessitée par les lois de la réfraction, c'est que la source lumineuse soit rapprochée de la lentille pour donner une projection notable. La seconde, c'est que la vitesse avec laquelle la lentille gazeuse se déplace soit

considérable. Cette seconde condition, on le sait, en vertu même des lois découvertes par Kepler, n'est remplie que lorsque la comète a un rayon vecteur de dimension relativement faible. Mais, quand ces deux conditions sont remplies, que la comète possède un diamètre suffisant, que sa transparence n'est pas troublée par quelques conditions particulières et que la Terre est placée dans une situation favorable, c'est alors que les courbures apparaissent.

Peut-il en être autrement; est-ce que les rayons divergents auront le pouvoir de conserver leur rectilignité pendant des millions de kilomètres, si l'œil des astronomes et même de tous les habitants de la Terre aperçoit au même instant, non pas une seule image, mais la combinaison de plusieurs images successives?

Comment ne comprendrait-on pas que dans un éclairage aussi grandiose, tous les rayons lancés par la queue d'une comète à un instant physique déterminé ne viennent point frapper au même instant la rétine. Il est donc incontestable que nous ne voyons pas pour ainsi dire une seule image, mais bien la combinaison de plusieurs images successives.

Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire d'insister plus longtemps sur la signification réelle de ces beaux et grands phénomènes dont la génération s'explique si facilement. Mais je demanderai la permission de rappeler qu'il y a dans les observations faites dans ces derniers temps, surtout aux Observatoires de Paris et de Greenwich, des points intéressants qui viennent confirmer l'opinion de Fontenelle.

On a vu plusieurs fois des rayons interrompus, ce qui s'explique facilement en admettant que le nuage de matière cosmique éprouve une interruption analogue. On a vu tout d'un coup surgir des points lumineux distincts rayonnant d'un certain éclat. N'était-ce point quelques corps ayant des dimensions assez notables; en un mot, dans les apparitions de queues de comète, ne doit-on pas retrouver successivement toutes les péripéties qu'on observe en étudiant les étoiles filantes?

Ajoutons, en terminant, que l'incroyable multiplicité des observations de ce genre dans tous les horizons terrestres nous montre jusqu'à quel point l'océan des mondes est peuplé. Il nous prouve combien Fontenelle avait raison en s'écriant avec enthousiasme à la fin de son entretien avec son aimable marquise : « que les comètes étaient comme une lanterne sourde dont l'Éternel se servait pour faire admirer aux humains les merveilles qui complètent toutes les parties de son œuvre ».

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la représentation sphérique de certaines familles de Lamé.* Note [1] de M. **J. Haag.**

Voici des généralisations, qui me semblent intéressantes, des résultats que j'ai publiés dans les *Comptes rendus* du 22 novembre et du 27 décembre 1909.

Proposons-nous d'abord la question suivante, qui est une extension de notre Note du 3 août 1908 :

Trouver toutes les familles de Lamé, composées de surfaces ayant pour représentations sphériques de leurs lignes de courbure, des réseaux orthogonaux égaux.

En nous appuyant sur une proposition qui nous a été communiquée dernièrement par M. Petot, nous sommes arrivé aux résultats suivants :

Imaginons un trièdre $Oxyz$, pivotant autour de son sommet O et entraînant dans son mouvement un réseau sphérique orthogonal (s). Soient c, c', c'' les coordonnées, relatives à ce trièdre, du point m de la sphère où se coupent les deux lignes de paramètre u et v; et soient r et r_1 les rotations, relatives à mZ, du trièdre $mXYZ$ attaché à chaque point m par le réseau (s). Soient enfin λ, μ, ν les projections sur $Oxyz$ du vecteur instantané de rotation, relatif au mouvement de ce trièdre par rapport à un trièdre fixe $Ox_1y_1z_1$. Pour que les différentes positions du système (s) puissent servir de représentations sphériques aux lignes de courbure des surfaces d'une famille de Lamé, il faut et il suffit qu'on puisse trouver une fonction A de u et t et une fonction B de v et t (t désigne le temps dans le mouvement du trièdre $Oxyz$), telles que l'on ait

$$c\lambda + c'\mu + c''\nu = rA + r_1B. \tag{1}$$

Cette relation est très facile à discuter, si l'on remarque que c, c', c'', r, r_1 sont indépendants de t. On peut en déduire très facilement les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doit satisfaire le système (s), ainsi que le mouvement du trièdre $Oxyz$ et les β_{ik} des systèmes triples orthogonaux correspondants, lorsque ces conditions sont remplies. Nous publierons autre part les résultats auxquels nous avons été conduit.

---

[1] Reçue dans la séance du 29 mars 1910.

Posons-nous maintenant un problème analogue à celui que nous avons résolu dans notre Note du 22 novembre 1909 :

Peut-on trouver deux familles de Lamé composées de surfaces ayant deux à deux, pour représentations sphériques, des réseaux sphériques superposables, mais pas forcément superposés?

En raisonnant comme dans la Note que nous venons de rappeler, on constate que *chacun des réseaux sphériques précédents doit, en tournant autour d'un axe convenable, engendrer une famille de réseaux capables de servir de représentations sphériques aux surfaces d'une famille de Lamé.*

Réciproquement, si l'on possède sur la sphère une famille de réseaux jouissant chacun de cette propriété relativement à un certain axe de rotation, et si cette famille peut servir de représentation sphérique à une famille de Lamé, on peut en déduire une infinité de familles analogues, dépendant d'une ou de deux fonctions arbitraires d'une variable, et composées chacune des mêmes réseaux que la famille primitive, placés simplement dans des positions relatives différentes. On peut, en partant de là, *généraliser complètement la théorie* que nous avons exposée *sur certains groupes de familles de Lamé* dans la Note déjà citée.

On peut imaginer un grand nombre d'applications de cette théorie.

Par exemple, cherchons *les familles de Lamé dont les représentations sphériques se composent pour chaque surface d'un réseau de révolution autour d'une certaine droite* $O\lambda$.

Si l'on remarque qu'en imprimant à chaque réseau une rotation arbitraire autour de la droite $O\lambda$ correspondante, on retombe sur la même famille de réseaux; on voit qu'on retombe sur la question précédente. Il sera facile d'en déduire la solution du problème, de même que l'on peut déduire de notre première théorie des groupes de familles de Lamé, toutes les familles de Lamé composées d'hélicoïdes (et cela plus simplement encore que nous ne l'avons fait dans notre Note du 6 décembre 1909).

De même, supposons une famille (F) de réseaux, représentations sphériques d'une famille de Lamé. Prenons le symétrique de chaque réseau par rapport à un plan variable π. Nous obtenons une nouvelle famille (F′). Pour qu'elle puisse servir de représentation sphérique à une famille de Lamé, il faut et il suffit que chaque réseau de (F) puisse engendrer une famille de Lamé (par abréviation) en tournant autour de la droite D suivant laquelle le plan π touche son enveloppe ε. (Comparer avec notre Note du 27 décembre 1909.)

On peut trouver un énoncé analogue en remplaçant le plan π par une droite. Enfin on peut évidemment appliquer ceci à la recherche des *familles de Lamé dont les représentations sphériques sont des réseaux possédant chacun un ou plusieurs plans ou axes de symétrie.*

C'est ce que nous développerons dans un Mémoire détaillé.

AÉRONAUTIQUE. — *L'équilibre longitudinal et la courbure des surfaces portantes des aéroplanes.* Note de M. **René Arnoux**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que les surfaces portantes de tous les aéroplanes actuels présentent à l'action de l'air une concavité tournée vers le sol, à courbure dirigée d'avant en arrière, d'autant plus prononcée que le rapport desdites surfaces au poids de l'appareil est plus faible. Cette courbure a évidemment pour avantage d'augmenter, toutes choses égales d'ailleurs, leurs qualités sustentatrices. C'est ainsi que pour un angle d'attaque de 7° sous lequel fonctionnent la généralité des appareils actuels, l'expérience fournit les valeurs suivantes des coefficients de réaction de poussée K_y et de traînée K_x exercées par l'air dans des directions respectivement *normale* et *parallèle* à son écoulement sous des surfaces planes ou ayant comme flèche maxima de courbure $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{12}$ et $\frac{1}{8}$ de la largeur ou profondeur de la surface.

7°.	$\frac{1}{\infty}$.	$\frac{1}{30}$.	$\frac{1}{20}$.	$\frac{1}{16}$.	$\frac{1}{12}$.	$\frac{1}{8}$.
K_y	214	283	310	386	390	440
K_x	24	22	32	44	45	81

Les données de ce Tableau montrent que si la courbure $\frac{1}{30}$ augmente de 31 pour 100 le coefficient K_y de sustentation des surfaces planes, la courbure $\frac{1}{20}$ l'augmente de 44 pour 100, celle de $\frac{1}{16}$ de 79 pour 100, celle de $\frac{1}{12}$ de 82 pour 100, et enfin la courbure $\frac{1}{8}$ double à peu près la valeur de ce coefficient. Mais si la courbure $\frac{1}{8}$ double les qualités sustentatrices des surfaces planes, par contre elle augmente dans le rapport de 24 à 81 ou de 1 à 3,37 le coefficient K_x de résistance à la translation, alors qu'un accroissement de vitesse de 41 pour 100 donné à une surface plane, en doublant également la sustentation, ne ferait que doubler cette même résistance au lieu de la tripler.

Malheureusement si les surfaces concaves *de faible courbure* ont l'avantage d'augmenter la sustentation dans une proportion plus grande que la résistance à la translation, cet avantage est amplement compensé par le

grave défaut de rendre *l'équilibre longitudinal* des appareils actuels d'autant plus *instable* que la courbure des surfaces portantes est plus prononcée.

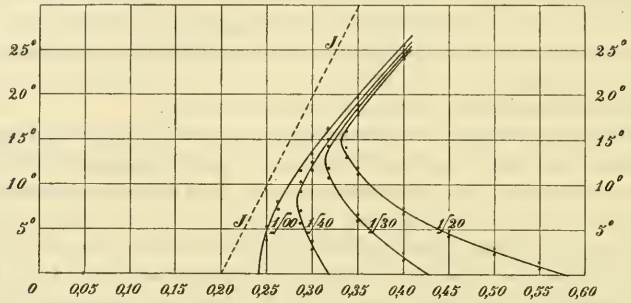
L'étude technique de l'aéroplane présente cette particularité qu'elle peut être faite à l'aide de simples planeurs (en papier ou en carton léger), avec lesquels on peut avoir aisément toutes les formes désirables et vérifier immédiatement l'influence de ces formes sur l'équilibre de planement, aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

L'étude systématique des planeurs nous a amené à comparer l'aéroplane en régime uniforme *à un fléau de balance en équilibre* susceptible d'osciller dans tous les plans, avec cette différence que, dans le fléau de balance, c'est le centre de gravité qui se déplace par rapport au centre d'appui, tandis que dans l'aéroplane, c'est le centre d'appui sur l'air ou *centre de poussée* qui se déplace par rapport au centre de gravité de l'appareil. Dans le cas d'un planeur qui est aussi celui d'un aéroplane avec propulseur arrêté, les surfaces portantes prennent, pendant la période de planement et par rapport à la trajectoire, une position angulaire telle que le centre de sustentation et le centre de gravité soient sur la même verticale. Dans le cas d'un aéroplane propulsé, ses surfaces portantes prennent une autre position angulaire d'équilibre réglée par la condition plus générale que la *somme des moments* des différentes forces en jeu soit constamment nulle par rapport à un axe perpendiculaire au plan de symétrie que possède tout aéroplane, quel qu'en soit le système.

Mais, comme cet équilibre peut être *stable, indifférent ou instable*, alors même que le centre de gravité se trouve placé au-dessous du centre de sustentation, la connaissance de la loi qui lie le déplacement du centre de réaction de l'air sur les surfaces portantes à leur angle d'attaque est nécessaire. La méthode employée par nous pour cette recherche n'est autre que celle dont se servit Joëssel pour les plans minces immergés obliquement dans un courant d'eau. Elle est basée sur l'emploi *comme girouette* de la surface rectangulaire à étudier dont l'axe vertical de rotation est susceptible d'être déplacé *parallèlement au bord d'attaque*. Une alidade à fourchette permet d'amener la surface dans toutes ses positions *d'équilibre instable* et de déterminer celle-ci avec une précision aussi grande que les positions d'équilibre stable.

C'est ainsi qu'ont été obtenues les courbes ci-dessus. La courbe $\frac{1}{8}$ est celle d'une surface *plane* rectangulaire, et les courbes $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{30}$ et $\frac{1}{20}$ ont été successivement obtenues avec la même surface courbée *cylindriquement*. Enfin

la courbe JJ est celle obtenue par Joëssel pour les plans immergés dans un courant d'eau.



L'examen de ces différentes courbes montre d'abord toute l'importance de la position du centre de gravité de l'aéroplane, lequel, pour assurer à l'angle d'attaque de ses surfaces portantes une valeur suffisante, doit être porté d'autant moins vers l'avant que la courbure est plus grande. Il est bien évident que si le centre de gravité qui règle en quelque sorte l'angle d'attaque, est placé trop en avant, c'est-à-dire à moins de 24 pour 100 de la profondeur de la surface lorsque celle-ci est plane, de 29 pour 100 pour les surfaces ayant une courbure de $\frac{1}{40}$, de 31 pour 100 pour celles de $\frac{1}{30}$ et de 35 pour 100 pour celles de $\frac{1}{20}$, le centre de sustentation de l'aéroplane ne pouvant jamais atteindre la verticale passant par le centre de gravité, l'angle d'attaque s'annulera dès l'arrêt du moteur de l'appareil et celui-ci *piquera* immédiatement vers le sol où il viendra se briser infailliblement si l'aviateur ne réactionne pas assez vite et assez énergiquement avec son gouvernail de profondeur.

Mais supposons résolue la question de la position du centre de gravité et examinons dans quel sens doit se déplacer le centre de sustentation des surfaces portantes pour assurer la stabilité de l'équilibre de l'aéroplane, lorsque l'angle d'attaque vient à varier brusquement. Il est facile de voir que celle-ci sera réalisée si le centre de sustentation se porte *en avant* de la verticale du centre de gravité, lorsque l'angle d'attaque *diminue*, et *en arrière* lorsque cet angle *augmente*, car la réaction sustentatrice de l'air et le poids de l'appareil cessant d'être directement opposés l'un à l'autre donnent, dans les deux cas, naissance à un couple tendant à ramener l'aéroplane dans sa position primitive d'équilibre angulaire.

Or l'examen des courbes précédentes montre (dans la région correspondant aux faibles angles d'attaque seuls utilisés en aviation) que si les surfaces planes répondent à ce desideratum pour toutes les valeurs de cet angle, il n'en est pas de même pour les surfaces concaves dont le centre de poussée, en se déplaçant *en sens inverse* de celui des surfaces planes, donne lieu à une instabilité d'équilibre obligeant l'aviateur à une manœuvre de son gouvernail de profondeur aussi attentive et incessante que celle du balancier par l'équilibriste sur la corde raide.

C'est cette instabilité de l'équilibre longitudinal des surfaces concaves qui rend si délicate et si dangereuse la conduite des aéroplanes actuels, et autorise à dire que l'Aviation est présentement à un tournant de son histoire, qui va l'obliger à sortir de ses errements actuels si elle veut réellement progresser et non se cantonner dans la construction d'appareils dont la conduite est restée jusqu'ici l'apanage de véritables acrobates, ou d'hommes qui en ont l'entraînement et les qualités de sang-froid et d'audace.

Pour nous résumer, nous ajouterons qu'avec les surfaces planes permettant actuellement, à défaut d'autres, de réaliser un équilibre stable pour tous les angles d'attaque et par conséquent d'enlever à l'aviateur toute préoccupation du rétablissement incessant et délicat de cet équilibre, la conduite d'un aéroplane sera plus facile que celle d'une automobile dont le conducteur n'a devant lui que la largeur de la route, tandis que l'aviateur a l'espace.

PHYSIQUE. — *Sur la relation de Havelock entre la biréfringence et l'indice de réfraction.* Note [1] de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**, présentée par M. J. Violle.

Dans un essai théorique où il cherche à ramener à une même explication les diverses sortes de biréfringence connues, Havelock [2] a prévu que la variation de la biréfringence d'un corps avec la longueur d'onde doit être reliée simplement à la variation de l'indice de réfraction du même milieu à l'état isotrope, la densité étant supposée la même dans les deux cas. La relation à laquelle il est conduit peut s'écrire

$$n' - n'' = C\frac{(n^2-1)^2}{n}, \tag{1}$$

[1] Présentée dans la séance du 21 mars 1910.

[2] Havelock, *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXX, 1908, p. 28; *Phys. Rev.*, t. XXVIII, 1909, p. 136.

n étant l'indice du milieu isotrope, C une constante, n' et n'' les indices principaux du milieu biréfringent uniaxe. Havelock avait recherché en particulier si sa formule s'appliquait à la biréfringence accidentelle des liquides (dans ce cas n est l'indice de réfraction mesuré en dehors du champ, et la quantité $n' - n''$ est donnée directement par l'expérience), et il avait trouvé qu'elle s'accordait pour le phénomène de Kerr avec les mesures faites sur le sulfure de carbone. Il s'était demandé également si les variations de la biréfringence magnétique des liquides se laisseraient représenter par la même formule.

Nous avons donc mesuré les indices de la nitrobenzine qui nous avait servi dans nos recherches, pour les radiations mêmes que nous avons utilisées. La formule (1) représente bien les résultats obtenus, les écarts ne dépassant pas les erreurs d'expérience; elle fournit donc au moins une loi approchée. D'une façon indépendante, Skinner et Mc Comb [1] arrivent au même résultat et trouvent la relation de Havelock vérifiée non seulement pour la nitrobenzine, mais pour les huit autres liquides qu'ils ont étudiés.

L'hypothèse qui a conduit Havelock à la formule (1) consiste à admettre que les molécules du liquide sont assimilables à des corps isotropes, dont le champ modifie la *répartition*. Elle est donc distincte de celle que nous avons admise, que plusieurs physiciens [2] avaient envisagée déjà à propos de questions analogues, et qui consiste à admettre l'*orientation* de molécules anisotropes. Mais, nous montrons dans un travail plus étendu que la formule (1) peut être déduite de l'hypothèse même de l'orientation, qui se trouve ainsi rendre compte des faits observés sur la dispersion.

Des calculs, à très peu près les mêmes que ceux de Havelock, nous conduisent à la formule (1). En revanche, une autre relation que Havelock est conduit à établir entre les indices [3] ne résulte pas nécessairement de notre

---

(1) Skinner, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 541. — Mc Comb, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 525.

(2) Notamment Boussinesq, *Théorie analytique de la chaleur*, t. II, 1903, p. 600.

(3) Dans le cas d'un milieu uniaxe, n' étant l'indice ordinaire, Havelock trouve que l'on doit avoir la relation

$$n = \frac{2n' + n''}{3}. \tag{2}$$

Nous avons trouvé antérieurement cette relation vérifiée dans le cas des colloïdes de Majorana biréfringents dans le champ magnétique.

hypothèse, et nous pouvons par suite considérer la formule (1) comme valable même dans les cas où cette seconde relation ne serait pas satisfaite. D'autre part, dans l'hypothèse de Havelock, certains faits expérimentaux s'expliquent difficilement : on ne comprend pas pourquoi la biréfringence magnétique de liquides, tous diamagnétiques, est positive pour les uns, négative pour les autres. La même difficulté se présente à propos du phénomène de Kerr.

Les cristallographes sont d'ailleurs conduits à admettre aujourd'hui que, même dans le cas des cristaux, ce n'est pas la répartition réticulaire qui joue le rôle prépondérant dans l'explication de la biréfringence. Le fait que Havelock a montré que sa formule s'applique à certains cristaux, au quartz notamment [1], n'est pas un argument décisif en faveur de sa théorie, puisque les particules cristallines que l'on considère (quelle que soit leur nature) ne sont pas seulement ordonnées, mais orientées. Enfin certaines propriétés des liquides anisotropes de Lehmann seraient, comme on sait, très difficiles à expliquer si l'on devait les rapporter à une répartition et non à une orientation des particules.

En résumé, de même que les autres résultats sur la biréfringence magnétique ou électrique des liquides [2], la relation de Havelock est d'accord avec l'hypothèse de l'orientation moléculaire.

---

[1] Dans notre Mémoire détaillé, nous reviendrons sur ces calculs de Havelock sur les cristaux : ils ont été faits en utilisant soit l'ensemble des relations (1) et (2), soit simplement la relation $\frac{1}{n'^2-1} - \frac{1}{n''^2-1} = \text{const.}$, à laquelle conduit directement la théorie.

Il y a encore une autre manière de vérifier la formule (1) dans le cas des cristaux : elle consiste à mesurer les indices de la même substance à l'état amorphe et à tenir compte du changement de densité. Les données expérimentales nécessaires ne sont pas connues avec une précision suffisante pour la plupart des corps (tels que l'eau et la glace) pour lesquels la vérification pourrait être tentée. Signalons toutefois un résultat que nous avons obtenu en comparant les indices du quartz cristallisé avec les indices du quartz amorphe trouvés par Trommsdorf : dans l'énorme intervalle de longueur d'onde compris entre 656 et 186, le rapport entre les valeurs de $n-1$ pour le quartz cristallisé [n étant calculé par la formule (2)] et pour le quartz fondu demeure très sensiblement constant. Il ne varie dans tout cet intervalle que de 1,194 à 1,187 et paraît bien être égal au rapport des densités (densité du quartz cristallisé, 2,65; densité du quartz fondu, moins bien connue, 2,22 environ).

[2] *Comptes rendus*, t. 150, 21 mars 1910, p. 774.

SPECTROSCOPIE. — *Prolongement du spectre de bandes de l'azote dans le rouge extrême et l'infra-rouge.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. H. Deslandres.

Les renseignements que nous possédons actuellement sur les spectres des métalloïdes dans le rouge extrême et la première région infra-rouge sont très incomplets. La plupart des relevés, obtenus au moyen du bolomètre ou du radiomicromètre ne donnent pas une représentation suffisante de la structure du spectre. Grâce à la bienveillance de M. Deslandres, qui a mis à ma disposition le dispositif spécial préparé par lui pour l'étude spectrale des gaz, j'ai pu aborder l'étude de ces spectres par la méthode photographique. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Ils se rapportent au spectre de bandes de l'azote.

Ce spectre comprend dans les régions lumineuse et ultraviolette quatre groupes distincts de bandes, dégradées vers les courtes longueurs d'onde. Le groupe le moins réfrangible, appelé *groupe de Thalen* ou *premier groupe de Deslandres*, s'étendait, d'après le relevé de Thalen (1875), entre λ 687 et λ 500. Il présentait quatre sous-groupes semblables [1], chaque bande étant caractérisée par trois maxima ou arêtes successives dont les plus intenses sont la troisième qui forme la tête et la première. Ensuite Piazzi-Smith et A. Herschel (1880 et 1885) reconnurent l'existence de bandes nouvelles comprises entre la bande A du spectre solaire et la première bande de Thalen. Mais, à cette époque, les lois de distribution des bandes dans les spectres (Deslandres, 1886 et 1887) n'étaient pas encore connues, et, bien que ces physiciens en aient eu une vague intuition, ils ne reconnurent pas le vrai caractère de ces bandes et ne crurent pas devoir les rattacher au groupe de Thalen. Récemment, Langley (1900), Drew (1903) et Coblentz (1905), étudiant les spectres infra-rouges au moyen du bolomètre et du radiomicromètre, montrèrent que le spectre de bandes de l'azote se poursuit d'une façon continue, jusqu'au delà de 1^{μ}. Leurs relevés ne donnent pas la structure du spectre et se bornent à indiquer des maxima d'intensité croissante

---

(1) Il y a un groupe du pôle négatif, et trois du pôle positif numérotés du rouge au violet, dans l'ordre de leur reconnaissance. Mais M. Deslandres estime qu'il vaudrait mieux les numéroter de l'ultraviolet au rouge pour laisser la place aux groupes de l'infra-rouge. Le premier groupe serait alors le troisième.

correspondant approximativement aux longueurs d'onde $0^{\mu},546$, $0^{\mu},667$, $0^{\mu},75$, $0^{\mu},90$, $1^{\mu},06$.

Dans les premières expériences que j'ai faites, je me suis servi d'un tube en bout du modèle ordinaire contenant de l'air à la pression de 2^{mm} de mercure et excité par une bobine de 35^{cm} d'étincelle. Le spectrographe était constitué par un collimateur de 55^{cm} de longueur et de rapport d'ouverture égal à $\frac{1}{15}$, deux prismes de flint moyen et une chambre photographique de 65^{cm} de longueur focale. J'ai employé des plaques sensibilisées d'après les procédés indiqués à Meudon par M. de Moncetz (¹).

J'ai obtenu tout d'abord une série de huit bandes en parfaite continuité avec le premier groupe de Deslandres. Elles en ont la structure caractéristique et forment ainsi un cinquième sous-groupe moins réfrangible qui vient s'ajouter aux quatre précédents. En prolongeant pendant plusieurs heures les temps de pose, j'ai obtenu ensuite une nouvelle série de huit bandes encore moins réfrangibles que les précédentes, mais de même structure. Les deux plus réfrangibles de ces bandes nouvelles appartiennent au cinquième sous-groupe, tandis que les six autres constituent au moins la première partie d'un sixième sous-groupe. Le premier groupe de l'azote comprend ainsi, dans la région comprise entre $\lambda 910$ et $\lambda 500$, six sous-groupes semblables.

Dans cette recherche j'ai été guidé constamment par la loi que Deslandres a posée pour la distribution des bandes dans les spectres et qui lui avait permis de grouper les bandes de ce premier groupe en trois ou cinq séries arithmétiques. En 1902, Cuthbertson montra que toutes ces bandes pouvaient être distribuées suivant treize séries arithmétiques et il publia un Tableau où ces treize séries étaient rangées suivant des colonnes verticales (²). Peu de temps après Deslandres signala dans la distribution de ces bandes une particularité très intéressante et qui a été retrouvée depuis dans d'autres spectres : « Non seulement les intervalles horizontaux du Tableau de Cuthbertson forment une série arithmétique de raison égale à 30,319, mais les intervalles verticaux dans ce même Tableau forment ainsi une progression arithmétique de raison égale à 29,363. La combinaison de ces deux pro-

(¹) *Comptes rendus*, 2e semestre 1909.

(²) Cuthbertson, *Philosophical Magazine*, 6e série, t. III, 1902, p. 348-353. Son Tableau est tout semblable à celui publié en 1886 par Deslandres pour le deuxième groupe de l'azote.

gressions fait que les bandes disposées sur les lignes diagonales ou inclinées du Tableau forment ainsi des progressions arithmétiques de raisons variables, et c'est à l'une de ces progressions nombreuses que se rapportent les trois ou cinq séries annoncées en 1886. La distribution des 42 bandes du premier groupe a donc une simplicité remarquable, et il peut être représenté par la formule suivante dont les deux paramètres n et p prennent les valeurs des nombres entiers successifs :

$$N = 22785,1 - \frac{30,319}{8}(2n)^2 + \frac{29,363}{8}(2p+1)^2 \quad (^1). \text{ »}$$

Les mesures faites sur les huit premières bandes du cinquième sous-groupe ont donné des résultats qui s'accordent bien avec les nombres calculés d'après la formule précédente, en donnant au paramètre n des valeurs allant de 55 à 48 et au paramètre p les valeurs de 49 à 42. En réduisant ces nombres en longueurs d'onde, on a en effet le Tableau suivant :

n.	p.	λ calculé.	λ observé.	n.	p.	λ calculé.	λ observé.
55	49	774,7	774,2	51	45	727,0	727,4
54	48	762,1	762,8	50	44	716,1	716,8
53	47	749,9	750,4	49	43	705,5	705,4
52	46	738,3	738,1	48	42	695,3	695,2

Les différences ne sont pas notablement supérieures à celles qui se rencontrent dans le reste du groupe; elles s'expliquent d'ailleurs par la précision plus grande des mesures de Hasselberg utilisées par Cuthbertson et Deslandres. Il est de plus intéressant de remarquer que grâce à l'adjonction de ces bandes le Tableau de Cuthbertson prend une forme plus symétrique.

Il était donc naturel de pousser plus loin le calcul et de chercher la place que devraient occuper dans le Tableau, de nouvelles bandes encore moins réfrangibles et situées cette fois dans l'infra-rouge. Ce calcul fait, il était nécessaire de le vérifier par le relevé de ces bandes infra-rouges. En prolongeant les temps de pose à Meudon jusqu'à des durées de 6 heures et en utilisant à Paris un spectrographe plus lumineux mis à ma disposition par le laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne, j'ai obtenu quelques-unes de ces bandes infra-rouges et mesuré leurs longueurs d'onde. La concordance entre le résultat des mesures et les nombres donnés par le calcul,

(1) Deslandres, *Comptes rendus*, 1902.

est un peu moins satisfaisante que pour les bandes précédentes, à cause de l'étendue plus grande de l'extrapolation, mais elle est encore suffisante.

n.	p.	λ calculé.	λ observé.	n.	p.	λ calculé.	λ observé.
57	50	910,7	910,1	53	46	836,5	836,9
56	49	890,8	890,3	52	45	820,1	820,4
55	48	871,3	870,5	51	44	804,2	804,3
54	47	853,8	854,1	50	43	789,1	788,7

C'est la seconde fois que des bandes indiquées par le calcul ont pu être retrouvées par l'expérience, le premier exemple de cette méthode de recherche ayant été donné par Deslandres au sujet du spectre des hydrocarbures (¹).

PHYSIQUE. — *Sur une erreur systématique qui limite la précision de l'expérience de Cavendish. Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation.* Note de M. **V. Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré précédemment (²) que : 1° lorsque le fil d'une balance de torsion n'est pas dépourvu de toute flexion par rapport à la verticale, il n'y a plus indépendance des oscillations azimutales et pendulaires que peut prendre l'appareil. Par suite, tout changement de la verticale se traduit par une variation azimutale de la position d'équilibre, variation dont j'ai donné la loi quantitative. Réciproquement, toute oscillation azimutale entraîne une oscillation pendulaire.

Le couple de torsion mis en jeu par les variations pendulaires est proportionnel au poids supporté par le fil, de sorte qu'avec les fils très fins, utilisant toute leur force portante, ce couple supplémentaire atteint facilement le $\frac{1}{100}$ du couple propre au fil.

2° Pour éliminer, dans les mesures de gravitation, l'erreur résultant de la flexion du fil, j'ai proposé (³) d'opérer, dans les mesures, un *triage* à l'aide d'observations simultanées de la balance de gravitation et d'une seconde balance de torsion servant de sismographe témoin.

Quatre mois d'essais m'ont démontré d'abord les grosses difficultés de ce

(¹) Deslandres, *Comptes rendus*, t. CXII, 1891, p. 662.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, mai 1909, p. 1161.
(³) *Comptes rendus*, t. CXLIX, octobre 1909, p. 700.

triage qui exigerait un double enregistrement photographique continu. De plus, au cours des mesures, je suis arrivé à la conclusion suivante : *Dans une balance de torsion du type Cavendish, il est impossible de connaître à plus du* $\frac{1}{1000}$ *la valeur du couple antagoniste de la force à mesurer.*

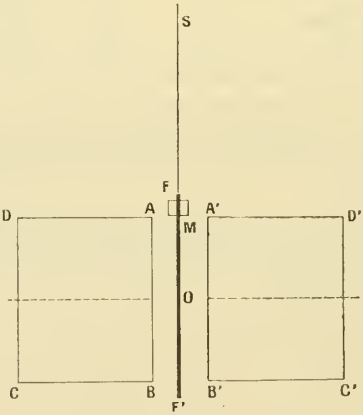
En effet, on admet que ce couple antagoniste est celui du fil de torsion, que l'on mesure par une opération préliminaire, en suspendant des masses de moment d'inertie calculable. Or, en admettant même que, grâce à la symétrie de ces masses, on ait pu opérer cette mesure sur le fil sans flexion (et ce n'est pas en général le cas), on introduit toujours une flexion du fil lorsqu'on substitue le levier de gravitation.

De longs essais, qui seront décrits ailleurs, m'ont démontré qu'il est pratiquement impossible d'arriver à un réglage de la balance du type Cavendish dans lequel on n'ait pas une flexion entraînant un écart GO, du centre de gravité du système à la verticale du point d'attache supérieur du fil, d'un dixième de millimètre.

Or cet écart suffit pour que le couple supplémentaire W_1, qui est de la forme

$$W_1 = P g l \sin\alpha \sin\beta \sin\omega,$$

soit de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ du couple de torsion W du fil.



En résumé la balance de Cavendish est soumise non seulement au couple W de torsion propre du fil, mais à un couple supplémentaire W_1 résultant de la flexion du fil. Et l'on ne peut connaître ni la valeur absolue de W, ni la position initiale correspondant à $\omega = 0$.

L'ensemble de ces constatations m'a amené à imaginer une méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation. Cette méthode utilise justement la

flexion du fil de torsion et se trouve ainsi à l'abri des inconvénients de la balance de Cavendish. En voici le principe.

Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation. — Soient deux cylindres creux ABCD, A'B'C'D', dont les axes horizontaux soient en prolongement l'un de l'autre. En remplissant de mercure l'un puis l'autre de ces cylindres, on produira dans la région centrale O de l'intervalle ABA'B' un déplacement de la verticale calculable. Pour 100^{kg} de mercure passant de l'un à l'autre des cylindres et pour un intervalle entre eux égal à 1^{cm}, le calcul montre que la verticale varie de près de $\frac{1}{10}$ de seconde.

Disposons entre les deux cylindres un disque circulaire FF' suspendu à un fil métallique fin SF de façon que le centre du disque soit au centre de l'intervalle AA'BB'. Avec un disque plan formé de deux disques minces semblables accolés l'un à l'autre et entre lesquels on pince le fil SF, on arrive facilement à ce que le plan médian soit rigoureusement vertical et contienne la direction SF. Le fil n'a alors aucune flexion appréciable par rapport à ce plan. Mais il en a généralement une par rapport au plan vertical perpendiculaire à celui du disque.

Or cette flexion peut se mesurer et se régler par deux opérations très simples. Le disque porte un petit miroir M dont le plan est perpendiculaire à celui du disque.

Première opération. — On fait passer le mercure d'un cylindre dans l'autre. Le disque tourne azimutalement d'un certain angle. A l'aide d'un contrepoids formé d'un petit vernier se déplaçant à la périphérie du disque, on arrive par tâtonnement à trouver une position pour laquelle on n'a plus aucun déplacement azimutal du disque quand on déplace le mercure.

On est alors sûr qu'il n'y a aucune flexion du fil. On repère la position du vernier et, par réflexion, le plan du miroir M. D'ailleurs toutes les masses suspendues au fil SF ayant des moments d'inertie calculables, une seule mesure de période d'oscillation du système nous donne la valeur du couple W de torsion propre du fil.

Deuxième opération. — Cela fait, on donne au vernier un déplacement angulaire connu; ceci entraîne un déplacement connu du centre de gravité et il en résulte sur le fil un moment de flexion calculable.

De plus l'image réfléchie par le miroir M se déplace et la mesure de ce déplacement permet de contrôler le résultat de ce calcul.

D'autre part, la période d'oscillation du système varie et sa nouvelle valeur permet de calculer le couple supplémentaire W_1 dû à la flexion. D'ailleurs, avec quelques précautions, on arrive facilement à ce que le plan dans lequel se fait la flexion soit très exactement perpendiculaire à celui du disque, de telle sorte que la valeur de l'angle ω est connue pour chaque amplitude d'oscillation.

On a ainsi réalisé un microséismographe, de sensibilité réglable à volonté

et permettant d'ailleurs d'apprécier des variations de la verticale de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de seconde.

Pour mesurer la densité de la Terre il suffit alors de mesurer exactement la déviation provoquée sur l'appareil une fois réglé par le passage du mercure d'un cylindre à l'autre.

Cette méthode a l'avantage de nécessiter la connaissance d'un minimum de constantes.

De plus, l'appareil étant, par construction, un séismographe de sensibilité connue, les variations de la position de son zéro serviront directement à opérer le triage dont j'ai parlé et qui, dans la méthode de la balance de Cavendish, nécessiterait l'emploi d'un séismographe témoin.

Enfin la méthode se prête beaucoup plus simplement aux mesures de gravitation au sein des liquides.

PHYSIQUE. — *Sur les pouvoirs réfringents spécifiques ou les constantes optiques des corps dissous dans des dissolutions très étendues.* Note de M. C. **Chéneveau**, présentée par M. E. Bouty.

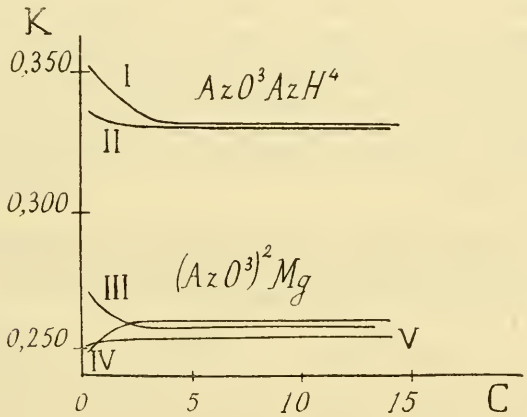
Si l'on appelle *pouvoir réfringent spécifique* d'une solution le rapport $\frac{n-1}{d}$ (Gladstone) ou le rapport $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d}$ (Lorentz), n et d étant l'indice de réfraction et la densité de la solution, on peut obtenir directement la valeur de ce pouvoir réfringent par une simple mesure d'indice, faite à l'aide d'un réfractomètre interférentiel. On n'a pas besoin de déterminer la densité, ce qui est particulièrement avantageux dans le cas de dissolutions très étendues. Connaissant ainsi le pouvoir réfringent d'une solution, et admettant que l'action d'une solution sur la lumière est la somme des actions du corps dissous et du solvant occupant le même volume que la solution, on peut en déduire le pouvoir réfringent spécifique ou la constante optique du corps dissous [1].

---

[1] Dans le cas où l'on utilise la formule de Gladstone, le pouvoir réfringent spécifique du corps dissous est $\frac{n_s-1}{d_s}$, n_s et d_s étant l'indice et la densité du corps dissous. La grandeur $\frac{n_s-1}{C}$ (C, concentration en grammes par litre), que j'ai appelée *constante optique* du corps dissous (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XII, 1907, p. 298), est le millième du pouvoir réfringent du corps dissous.

J'ai appliqué cette méthode à un certain nombre de solutions aqueuses très étendues de KCl, AzO^3AzH^4 et $(AzO^3)^2Mg$. A cet effet, les deux cuves d'un réfractomètre interférentiel étaient initialement remplies d'eau et l'on ajoutait à l'eau d'une des cuves, centimètre cube par centimètre cube, une solution type du sel étudié, de composition chimique bien connue.

Si l'on admet que la température est la même dans les deux cuves, on obtient le résnltat suivant (courbes I, III, IV) : le pouvoir réfringent est à peu près constant, sauf aux extrêmes dilutions où il varie très rapidement.



Ce fait est bien celui observé par Dijken [1]. Cependant l'ionisation des solutions étant commencée depuis longtemps, cet effet ne peut lui être attribué ; d'ailleurs deux expériences successives faites avec un même sel peuvent aussi bien donner une courbe ascendante qu'une courbe descendante (courbes III et IV). Il ne paraît donc pas y avoir là d'erreur systématique. Je vais montrer que *l'erreur est due à l'influence de la température qui n'est, en général, jamais la même dans les deux cuves* [2].

Appelons t et t' les températures mesurées, à chaque expérience, dans les deux cuves

---

[1] Dijken, *Z. f. ph. Ch.*, t. XXIV, 1897, p. 81.

[2] Sur 63 expériences, 11 seulement ont donné une même température pour les cuves.

contenant l'eau et la solution, à l'aide de thermomètres très précis; ces températures diffèrent en général d'une quantité $\pm\theta$. La différence des indices de la solution et de l'eau, qu'on croit être $n_t - n_{0_t}$, n'est en réalité, par l'observation du déplacement δ des franges ou du compensateur, que $n_{t'} - n_{0_t}$. De cette différence réellement observée, nous pouvons déduire la différence d'indices qui doit être considérée comme exacte. Admettons en première approximation, largement suffisante pour de petites limites, que l'indice de réfraction de l'eau est une fonction linéaire de la température, c'est-à-dire que

$$n_{0_t} = n_{0_{t'}}[1 - a(t - t')] = n_{0_{t'}}(1 \mp a\theta);$$

on a alors

$$n_{t'} - n_{0_{t'}} = n_{t'} - n_{0_t} \mp a\theta = k\delta \mp n_{0_{t'}} a\theta \quad (^1).$$

La quantité $n_{0_{t'}} a\theta$ représente donc la correction de température (²). En faisant cette correction, on voit que l'anomalie observée au début des courbes I, III et IV disparaît presque complètement; c'est ce que montrent les courbes II et V.

Les limites des différences de température θ entre les deux cuves ont été, dans mes mesures, $-0^\circ,08$ et $+0^\circ,08$; les concentrations ont varié de $0^g,5$ à 16^g de sel par litre de dissolution. On s'explique d'ailleurs très bien que l'erreur due à la température n'ait plus d'influence sensible sur des solutions de concentration suffisamment élevée et que les résultats, non corrigés, puissent s'inverser, au début, suivant le sens de la différence de température.

Le Tableau suivant donne une idée des écarts pour 100 qui existent entre les pouvoirs réfringents déduits des deux solutions extrêmes d'une même série lorsqu'on applique ou non la correction :

	KCl.		AzO^3AzH^4.		$(AzO^3)^2Mg$.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Sans correction...	$-6,7$	$-5,1$	$+6,1$	$-1,3$	$-4,6$	$+4,9$
Avec correction...	$-4,6$	$-1,5$	$+1,6$	$+1,3$	$+1,2$	$-2,8$

Étant donnée la difficulté d'obtenir en valeur absolue, dans les conditions où j'opérais, une correction qui ne dépend que d'une différence de température de quelques centièmes de degré, on peut dire qu'après correction les écarts sont certainement de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience et n'ont aucun caractère systématique.

Si l'on tient compte de cette action de la température, on arrive alors aux résultats suivants pour les pouvoirs réfringents des sels étudiés qui sont

(¹) Dans mes expériences, $a = 0,000085$; $k = 2^\mu,356$.

(²) En réalité, si l'on ramène les expériences *à une même température*, il faut encore tenir compte de la petite différence qui existe entre la variation de l'indice de l'eau et celle de l'indice de la solution avec la température.

comparés, dans le Tableau ci-dessous, aux résultats que j'avais obtenus avec le réfractomètre de Féry :

Corps.	K. Réfractomètre interférentiel.	K. Réfractomètre de Féry.	Différence pour 100.
KCl	0,2600 (19 exp.)	0,2544 (10 exp.)	+ 2,2
AzO^3AzH^4	0,3309 (24 »)	0,3214 (6 »)	+ 2,9
$(AzO^3)^2Mg$	0,2533 (16 »)	0,2449 (12 »)	+ 3,3

De ces résultats on peut donc conclure que *l'ionisation ne paraît pas avoir d'influence sensible sur le pouvoir réfringent ou la constante optique d'un corps dissous dans des solutions dont les concentrations sont supérieures à* $0^g,5$ *par litre.*

Une autre conséquence s'en dégage également, *très importante au point de vue de la construction des réfractomètres interférentiels.* Il faut absolument assurer l'égalité de température des deux cuves et, par exemple, les envelopper d'un manchon d'eau courante ou les rendre concentriques; sans cela les expériences faites avec des dissolutions extrêmement diluées peuvent devenir illusoires.

PHYSIQUE. — *Sur le parcours des projections radioactives.* Note de M. **Louis Wertenstein**, présentée par M. P. Villard.

La projection d'une matière radioactive par sa substance mère est un phénomène qui accompagne toutes les transformations radioactives où les particules α sont émises, ainsi que l'ont montré Hahn et Elise Meitner [1]. Ce phénomène résulte probablement du fait de l'impulsion de recul subie par l'atome radioactif lors de l'émission d'une particule α. Pour le cas particulier des transformations de la série du radium, les expériences de Russ et Makower [2], faites dans le vide, ont montré qu'il s'agit bien là d'une projection, car le chemin des particules est rectiligne.

On sait que les particules α possèdent la propriété de se propager en ligne droite sensiblement jusqu'au point où elles s'arrêtent en parcourant un chemin bien déterminé pour chaque espèce de particules α. Je me suis proposé de chercher, en me bornant au cas de la projection du radium B par le radium A, si la projection ne présente pas un caractère analogue; si, en

(1) *Verhandlungen d. d. phys. Ges.*, t. XI, p. 55-62.
(2) *Radium*, juin 1909.

d'autres termes, les particules projetées n'auraient pas un parcours bien déterminé.

Les expériences de Debierne [1] ont déjà montré que le parcours, s'il y en avait un, était sûrement inférieur à 1^{mm}, à la pression atmosphérique. En opérant sous des pressions plus basses, j'ai pu me convaincre de l'existence d'un parcours défini et mesurer sa grandeur.

Une lame posée en face d'une autre lame, portant du radium A, reçoit, pendant la période de transformation de ce dernier, une certaine quantité de radium B. Cette activation peut être due soit à la projection directe, soit à la diffusion et à l'attraction électrique des particules émises et arrêtées par le gaz. J'ai cherché à éliminer ces derniers effets. Pour cela j'ai profité du fait que le radium B projeté se comporte comme un corps chargé positivement. Une forte électrisation de même sens de la lame à étudier devrait donc en écarter toutes les particules qui n'arrivent pas avec une vitesse suffisante.

Voici maintenant en quoi consistaient mes expériences.

Un disque de laiton de 25^{mm} de diamètre était activé pendant 6 minutes par l'émanation du radium. On le retirait au temps que j'appelle zéro. On le chauffait pendant 10 secondes dans l'air chaud de la flamme de Bunsen. On mesurait son activité au temps $1^{m}15^{s}$. Au temps $2^{m}30^{s}$ le disque était transporté dans une petite cloche, où était fixé un autre disque à distances variables du premier. La communication avec un grand réservoir vide permettait d'atteindre rapidement des pressions voulues. Un champ électrique fort était établi entre deux disques dans le sens indiqué plus haut. Au temps $8^{m}30^{s}$ on ouvrait la cloche, on retirait avec précaution les deux disques et l'on mesurait leur activité.

J'ai cherché à déterminer comment variait, sous différentes pressions, l'activité reçue par le deuxième disque, en fonction de sa distance du premier disque.

Les courbes de cette activité peuvent être identifiées avec celle du radium B. Dans le Tableau ci-dessous sont représentés les rapports de l'ordonnée maximum de la courbe à l'activité du premier disque, mesurée au temps $1^{m}15^{s}$. On vérifiait que cette activité était sensiblement proportionnelle à la quantité du radium A effectivement présente sur le premier disque, en mesurant à nouveau son activité au temps 30 minutes.

Voici les résultats obtenus :

Pression 13^{mm}.

Distance en millimètres.....	0	2	3	4	5	6	7
Activité relative en millièmes..	8,7	6,2	4,1	2,8	1,8	0,15	très faible

Pression 20^{mm}.

Distance en millimètres.....	0	2	3	4	5
Activité relative en millièmes..	8,7	4,7	2,2	0,9	très faible

[1] *Radium*, mars 1909.

Pression 26^{mm}.

Distance en millimètres.....	0	2	3	4
Activité relative.....	8,7	3,5	1,3	0

Distance constante 2^{mm}.

Pression en millimètres.....	0	13	20	26	36	54
Activité relative.....	8,7	6,2	4,7	3,5	1,8	0

Les nombres indiqués sont des moyennes d'un grand nombre d'expériences, qui pour chaque cas présentent toutefois, surtout à grande distance, des écarts assez sensibles que j'espère pouvoir expliquer bientôt.

Les quatre séries de mesures ont été faites en employant des différences de potentiel comprises entre 20 et 170 volts. La variation du potentiel s'est montrée sans influence sur les résultats.

Les nombres correspondant à la distance zéro ou à une pression nulle représentent l'activité relative totale pouvant être recueillie par projection. Pour déterminer celle-ci on renversait le champ. Dans ces conditions, le deuxième disque recevait non seulement les particules venant le frapper directement, mais aussi les particules arrêtées par l'air.

Les nombres obtenus représentés graphiquement donnent des droites. Les trois premières coupent l'axe des abscisses respectivement aux distances de $6^{mm},2$; $4^{mm},3$; $3^{mm},5$. La quatrième coupe l'axe des abscisses à une distance qui correspond à une pression de 45^{mm} (les activités sont les ordonnées).

Ces résultats s'interprètent le plus simplement en supposant que les particules du radium B projeté ont un parcours bien déterminé, et que ce parcours est représenté pour chaque pression par la distance où la droite coupe l'axe des abscisses, et qu'il est égal à 2^{mm} sous la pression de 45^{mm}.

En effet, si nous décrivons un hémisphère de rayon égal au parcours présumé, et si nous faisons l'hypothèse que la projection par une source placée au centre est la même dans tous les sens, une lame coupant la sphère recevra une quantité de radium B, proportionnelle à la surface et par conséquent à la hauteur du segment.

On obtiendrait ainsi pour le produit du parcours par la pression les nombres 81, 88, 90, 90.

D'où résulterait que le parcours est inversement proportionnel à la pression.

Il semble donc que pareillement aux particules α, les particules d'activité

projetée vont en ligne droite jusqu'au point où elles s'arrêtent, ou que tout au moins la région, où au régime ordonné des vitesses de projection succède le régime désordonné des vitesses de diffusion, est relativement très peu importante.

Il résulterait de ces expériences une valeur de $0^{mm},1$ pour le parcours à la pression normale, ce qui correspond à une pénétrabilité 400 fois plus faible que celle des rayons α du radium A. Ainsi les feuilles en or battu de $0^{\mu},08$ arrêtent complètement les particules. Des essais sont en train pour préparer des membranes solides pouvant être traversées par les particules et aussi pour déterminer le parcours avec une précision plus grande.

Remarque. — Le rapport de l'activité projetée à celle qui devrait être projetée théoriquement, si l'on admettait que la projection doit avoir lieu pour chaque atome de radium A transformé, varie entre 75 et 80 pour 100. Pour déterminer ce nombre, on activait le premier disque pendant un temps très court de 15 à 30 secondes, de manière à n'avoir que du radium A. Du rapport de l'activité projetée à celle qui reste sur le premier disque on peut déduire, par un calcul facile, le nombre cherché.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction des chlorures de bore et d'arsenic par l'hydrogène sous l'influence de l'effluve électrique.* Note [1] de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Dans une précédente Communication [2] nous avons montré que le trichlorure de phosphore, PCl^3, était réduit par l'hydrogène sous l'action de l'effluve électrique avec formation du bichlorure P^2Cl^4; nous avons étendu cette étude à d'autres chlorures.

Chlorure d'arsenic $AsCl^3$. — Quand on entraîne des vapeurs de $AsCl^3$ par de l'hydrogène à travers un tube à effluves en activité, on voit apparaître aussitôt sur les armatures un dépôt brun qui devient miroitant au bout d'un certain laps de temps et ne tarde pas à revêtir toutes les parois du tube, en formant une couche continue. Le dépôt, qui, au premier abord, paraît être de l'arsenic, étant isolé, lavé avec CCl^4 sec, et desséché à 100° dans le vide, se présente sous forme d'un mélange de lamelles miroitantes et de poudre noire; soumis à l'analyse, il se montre formé en majeure partie par de l'arsenic (89,8 à 90,7 pour 100), mais il renferme toujours une notable quantité de chlore (7,8 à 7,9 pour 100), et pas d'hydrogène; ces pourcentages correspondraient sensiblement à la formule $As^{11}Cl$, mais aucun caractère ne permet d'affirmer qu'on a affaire à un composé défini ou à un mélange d'arsenic et d'un chlorure con-

(1) Présentée dans la séance du 21 mars 1910.

(2) *Comptes rendus*, 10 janvier 1910.

densé. Il est à remarquer cependant que trois préparations successives nous ont donné des produits de composition à peu près identique. Il nous paraît hors de doute, en tous cas, que ce corps renferme un chlorure autre que $AsCl^3$, car ce dernier est très soluble dans CCl^4 et malgré un épuisememt prolongé au Soxhlet, la teneur en chlore n'a pas sensiblement varié; la présence d'un peu d'oxychlorure d'arsenic ne nous paraît pas probable non plus, car celui-ci est très soluble dans $AsCl^3$, et l'épuisement prolongé du produit en vase clos vide d'air par $AsCl^3$ n'a pas modifié sensiblement sa composition. Si l'on chauffe ce corps progressivement dans le vide jusqu'à 400°-500°, on voit bientôt distiller quelques gouttes liquides que nous avons pu caractériser comme étant $AsCl^3$, puis il se forme un sublimé d'apparence métallique qui est de l'arsenic ne renfermant plus que des traces de Cl. Il semble donc que, sous l'action de la chaleur, le sous-chlorure d'arsenic présumé se décompose en $As + AsCl^3$.

Chlorure de bore BCl^3. — Les vapeurs de chlorure de bore pur ne semblent pas réduites par l'hydrogène sous l'action de l'effluve *proprement dite* (distance des armatures 3^{mm} à 5^{mm}), mais le mélange de ce gaz et de cette vapeur paraît doué d'une grande conductibilité électrique, de telle sorte que, si la disposition de l'appareil le permet, il éclate des étincelles fulgurantes de plusieurs centimètres de longueur avec un bruit strident qui rappelle la grêle frappant un vitrage, en même temps les tubes chauffent beaucoup, et c'est à cette cause que nous attribuons la rupture fréquente de nos appareils dans cette expérience. Dans la région sillonnée par les grandes étincelles, soit, dans nos appareils, entre l'extrémité inférieure du tube central et les parties plus éloignées du tube concentrique, et là exclusivement, on voit se former un dépôt d'un corps solide. Dans nos premières expériences, nous n'avions pas pris de précautions spéciales au point de vue de la pureté des réactifs; le chlorure de bore, préparé par nous, avait été simplement rectifié, et l'hydrogène, préparé par du zinc réputé dépourvu d'arsenic et de l'acide chlorhydrique pur. Le dépôt de couleur jaune brun obtenu était très altérable à l'air et se décomposait partiellement avec effervescence au contact de l'eau en donnant un gaz combustible qui paraissait renfermer de l'hydrure de bore (odeur de choux pourris, coloration verte de la flamme). La solution aqueuse fortement réductrice renfermait, outre de l'acide borique, une notable quantité d'acide chlorhydrique, ainsi que du phosphore et un peu d'arsenic. N'ayant pu fixer exactement la nature du ou des corps ainsi formés, nous avons recherché l'origine des impuretés et évité leur présence; pour l'arsenic, la cause était facile à trouver dans le zinc employé, et nous pûmes l'éviter en employant une autre qualité de ce métal et en vérifiant qu'il ne renfermait pas pratiquement d'arsenic. Quant au phosphore, nous reconnûmes que c'était notre chlorure de bore qui en renfermait de petites quantités et nous l'éloignâmes par plusieurs fractionnements au tube Otto à 5 boules. (Le bore qui nous a servi avait été préparé par un procédé modificatif de celui de Moissan, par *magnésiumthermie :* un mélange intime de 4 parties d'anhydride borique pulvérisée et de 3 parties de magnésium en poudre est tassé dans un creuset de terre et l'on y met le feu au moyen d'une cartouche de $BaO^2 + Mg$ en poudre et un ruban de magnésium; la réaction amorcée se produit paisiblement et le produit refroidi est mis à bouillir avec HCl, jeté sur un filtre et lavé à l'eau bouillante; le phosphore provenait sans doute du magnésium employé ou de la réduction des phosphates dans les parois du creuset de terre.)

Dans ces conditions, le phénomène présente la même apparence, mais les dépôts de couleur gris brun sont formés de bore amorphe à peu près pur; sans action sur l'eau, ils ne renferment plus de chlore, à peine une trace de phosphore et d'arsenic. On en conclut que BCl^3 est réduit par l'hydrogène sous l'action des étincelles électriques, avec mise en liberté de bore; quoiqu'ayant opéré sur 1^{kg} de BCl^3 environ, nous n'avons pas pu reconnaître la formation de sous-chlorure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les étholides des Conifères. Acides junipérique et sabinique.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail, publié en collaboration avec M. Bourdier [1], nous avons montré que les acides junipérique et sabinique, obtenus par saponification de certains étholides [2] retirés des cires de Conifères, sont des acides-alcools de formule $C^{16}H^{32}O^3$ et $C^{12}H^{24}O^3$, isomères par conséquent des acides oxypalmitiques et oxylauriques.

J'ai réussi depuis à fixer leur constitution d'une façon certaine comme je vais l'exposer dans la présente Note.

Je me suis proposé tout d'abord de rechercher s'ils sont réellement des acides oxypalmitique et oxylaurique. Pour résoudre cette question, j'ai transformé les acides junipérique et sabinique en leurs éthers iodhydriques $C^{16}H^{31}IO^2$ et $C^{12}H^{23}IO^2$, par l'action de l'iode et du phosphore; puis j'ai réduit ces éthers iodhydriques par le zinc en liqueur acétique. J'ai obtenu ainsi des acides que j'ai pu identifier, respectivement, avec les acides palmitique et laurique.

Les acides junipérique et sabinique sont donc bien des acides-alcools dérivés des acides palmitique et laurique.

Restait à fixer la place de l'oxhydrile dans la formule de constitution. Ce résultat a été atteint en ayant recours à l'oxydation chromique en milieu acétique. J'ai obtenu, avec l'acide junipérique, un acide bibasique de formule $C^{16}H^{30}O^4$, fondant à 124°, et, avec l'acide sabinique, un acide bibasique de formule $C^{12}H^{22}O^4$, fondant à 127°.

On voit que, dans les deux cas, les acides bibasiques ont conservé le

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1311. — Pour plus de détails, voir *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. XXIX, p. 561, et t. XXX, 1909, p. 10.

(2) Je rappelle que nous avons désigné sous le nom d'*étholides* des principes immédiats naturels, très répandus chez les Conifères, et qui sont formés par la combinaison d'un certain nombre de molécules d'acides-alcools unis par éthérification.

même nombre d'atomes de carbone que l'acide-alcool dont ils dérivent; on en conclut immédiatement que la fonction alcool est primaire dans les deux oxyacides considérés. Et comme, d'autre part, ils ont une chaîne normale, fait démontré par leur transformation en acides palmitique et laurique, ils ont nécessairement la constitution exprimée par les formules suivantes :

Acide junipérique..... $CH^2OH-(CH^2)^{15}-CO^2H$
Acide sabinique..... $CH^2OH-(CH^2)^{10}-CO^2H$

Les acides bibasiques, résultant de leur oxydation, sont évidemment

(I) $$CO^2H-(CH^2)^{15}-CO^2H$$

et

(II) $$CO^2H-(CH^2)^{10}-CO^2H.$$

Ces deux acides ont déjà été signalés.

L'acide décaméthylène-dicarbonique (II) a été obtenu par Nördlinger (¹) par action du cyanure de potassium sur l'éther 11-bromoundécylique $CH^2Br-(CH^2)^9-CO^2C^2H^5$, et saponification du nitrile formé. Il fond à 126°,5-127° comme l'acide bibasique dérivé de l'acide sabinique.

Les acides des deux origines, ayant été préparés par des procédés qui conduisent nécessairement à la même formule de constitution, sont évidemment identiques.

L'acide tétradécaméthylène-dicarbonique (I), dérivé de l'acide junipérique, s'est trouvé également identique à un acide déjà signalé, l'acide thapsique, $C^{16}H^{30}O^4$, retiré par F. Canzoneri de la résine extraite de la racine du *Thapsia Garganica* L. (²). Mais ici l'identité ne s'imposait pas, car la constitution de l'acide thapsique n'avait jamais été élucidée.

Pour décider des relations entre ces deux acides, j'ai été conduit à préparer de l'acide thapsique avec la résine de Thapsia (³). La comparaison de cet acide thapsique avec l'acide bibasique obtenu de l'acide junipérique permet d'affirmer leur identité. Par là, se trouve établie la formule de constitution de l'acide thapsique; c'est l'acide tétradécaméthylène-dicarbonique (I).

(¹) *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXIII, 1890, p. 2357.

(²) *Gaz. chim. ital.*, t. XIII, 1883, p. 514.

(³) J'adresse ici mes remercîments à M. le professeur Bourquelot qui m'a obligeamment offert cette résine.

Je signale brièvement quelques composés nouveaux, préparés au cours de ce travail :

Éther iodhydrique de l'acide junipérique ou acide 16-*iodopalmitique*

$$CH^2I.(CH^2)^{14}.CO^2H.$$

— Cristaux incolores, fondant à 76°. Peu soluble dans l'alcool froid, très soluble à chaud. Sels alcalins solubles dans l'eau chaude, peu solubles à froid.

Éther iodhydrique de l'acide sabinique ou acide 12-*iodolaurique*

$$CH^2I.(CH^2)^{10}.CO^2H.$$

— Cristaux incolores, fondant à 63°-64°. En général, plus soluble que le composé précédent.

Éther diéthylique de l'acide thapsique $C^2H^5O^2C.(CH^2)^{14}.CO^2C^2H^5$. — Cristaux incolores, fusibles à 39°, très solubles dans l'éther et l'alcool, assez solubles dans l'éther de pétrole.

Conclusions. — J'ai fixé les formules de constitution de l'acide junipérique ou 16-oxypalmitique $CH^2OH.(CH^2)^{14}.CO^2H$, de l'acide sabinique ou 12-oxylaurique $CH^2OH.(CH^2)^{10}.CO^2H$ et, incidemment, celle de l'acide thapsique $CO^2H.(CH^2)^{14}.CO^2H$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés organiques spontanément oxydables avec phosphorescence.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Lors de mes recherches sur les éthers thiosulfocarbamiques et imidodithiocarboniques (¹), j'avais eu l'intention d'étudier quelques éthers sulfocarbamiques $(R_1R_2)N.CS.OR_3$. J'avais même préparé le plus simple d'entre eux $(CH^3)^2N.CS.OCH^3$, par action de la diméthylamine sur les éthers thiosulfocarboniques $CH^3S.CS.OCH^3$ et $C^2H^5S.CS.OCH^3$ (²). En manipulant ces trois composés sulfurés, j'avais fait une observation bien singulière : ils émettaient dans l'obscurité des vapeurs très lumineuses, avec une odeur ozonée. Mais, circonstance vraiment déplorable, je constatai que l'iodure de méthyle qui avait servi à faire l'un des éthers thiosulfocarboniques contenait du phosphore blanc, ce qui me fit abandonner mes investigations.

(¹) M. Delépine, *Ann. de Chim. et de Phys.* 7e série, t. XXIX. 1903, p. 90.

(²) Cf. *Dictionnaire de Wurtz*, à l'article *Thiocarbamiques*, 2e suppl., t. VII, p. 786.

Ayant eu dernièrement l'intention de compléter les essais suspendus, il y a 7 ans, et ayant employé du sulfate de méthyle au lieu d'iodure, je fus bien surpris de constater que les éthers thiosulfocarboniques préparés à nouveau fumaient à l'air et que les fumées étaient lumineuses dans l'obscurité. La présence du phosphore blanc dans un iodure de méthyle mal préparé n'avait donc été qu'une coïncidence fâcheuse.

Je rappelle que les éthers thiosulfocarboniques se font régulièrement par les réactions successives

$$R.ONa + CS^2 = NaS.CS.OR \quad \text{et} \quad NaS.CS.OR + R'X = XNa + R'S.CS.OR.$$

Or, pour faire par exemple, $CH^3S.CS.OCH^3$, j'ai pu prendre comme éther minéral CH^3I, $(CH^3)^2SO^4$, CH^3NO^3; comme sulfure de carbone, du sulfure pur du commerce digéré ou non sur du mercure, ou ce sulfure traité par un peu de brome, d'iode, ou régénéré d'un xanthate de potassium cristallisé $C^2H^5O.CS^2K$; le méthylate a pu être fait avec du sodium et de l'alcool méthylique de l'oxalate ou de l'alcool pur du commerce, ou être remplacé par une solution méthylique de soude ou de potasse. Dans tous les cas, le composé fumait à l'air et luisait dans l'obscurité. Il en a été de même pour cet éther fait par action de l'iode sur le méthylxanthate de sodium. D'autres éthers, comme $CH^3S.CS.OC^3H^7$, $C^2H^5S.CS.OCH^3$ ont été préparés avec les alcoolates correspondants, du sulfure de carbone régénéré d'un sulfocarbonate de potassium et les sulfates de méthyle et d'éthyle. Ils luisent aussi. Ces détails écartent toute hypothèse d'introduction de phosphore blanc; toutes mes tentatives pour trouver du phosphore ont d'ailleurs échoué.

J'ai constaté que les éthers (connus ou inconnus)

$$CS\begin{cases}OCH^3\\SCH^3\end{cases},\quad CS\begin{cases}OC^2H^5\\SCH^3\end{cases},\quad CS\begin{cases}OCH^3\\SC^2H^5\end{cases},\quad CS\begin{cases}OC^3H^7\\SCH^3\end{cases},\quad CS\begin{cases}OC^2H^5\\SC^2H^5\end{cases},\quad CS\begin{cases}OCH^3\\SC^3H^7\end{cases},$$

luisaient à des degrés divers, dans l'ordre décroissant, en allant du premier au dernier. La durée suit un ordre inverse pour une même quantité, ce que l'on conçoit, puisqu'elle est corrélative de l'évaporation du produit et que les points d'ébullition sont respectivement 167°, 184°, 184°, 201°-203°, 200° et 201-203°; la phosphorescence dure tant qu'il y a de la substance; l'échauffement des derniers composés la rend manifestement plus visible. De deux isomères, c'est celui qui possède le SR le plus petit qui luit le mieux; ainsi $CH^3S.CS.OC^3H^7$ luit incomparablement plus fort que $C^3H^7S.CS.OCH^3$. Le premier terme $CH^3S.CS.OCH^3$, sous l'influence d'une active insufflation, forme aisément des nuages lumineux d'un demi-mètre de dimension, dans lesquels on distingue nettement le contour des objets.

Voilà donc une famille de composés organiques, les *éthers thiosulfocarboniques*, dont les vapeurs sont spontanément phosphorescentes dans l'air.

Ce n'est pas tout; les éthers *sulfocarbamiques*

$$CS\begin{cases}N(CH^3)^2\\OCH^3\end{cases},\quad CS\begin{cases}N(CH^3)^2\\OC^2H^5\end{cases},\quad CS\begin{cases}N(C^2H^5)^2\\OCH^3\end{cases},\quad CS\begin{cases}N(C^2H^5)^2\\OC^2H^5\end{cases},$$

bouillant respectivement à 193°, 206°, 210° et 224°-225°, émettent à l'air, à la température ordinaire, des vapeurs qui s'opacifient encore plus fortement que celles des éthers thiosulfocarboniques et qui luisent aussi dans l'obscurité avec une intensité décroissante par rapport à l'ordre précédemment écrit. Et cela qu'ils aient été préparés par l'une ou l'autre des réactions :

$$RS.CS.OR_1 + (R_2R_3)NH = RSH + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$
$$(R_2R_3)N.CSCl + NaOR_1 = ClNa + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$
$$[(R_2R_3)N.CS]^2S + NaOR_1 = (R_2R_3)N.CS^2Na + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$

dont les dernières écartent l'hypothèse qu'un peu d'éther thiosulfocarbonique soit resté indécomposé si l'on a opéré suivant la première. D'ailleurs, le composé $(CH^3)^2N.CS.OCH^3$, à vapeurs à peu près aussi lumineuses que celles de $CH^3S.CS.OC^2H^5$, a pu être préparé avec la diméthylamine et l'éther $C^3H^7S.CS.OCH^3$ dont la luminosité n'est discernable qu'après un séjour prolongé dans la chambre noire.

Si l'on compare les formules $RS.CS.OR_1$ et $(R_2R_3)N.CS.OR_1$, on constate qu'elles n'ont de commun que $-CS.OR_1$; il était donc logique de penser que les *éthers sulfocarboniques* $CS(OR)^2$ seraient aussi phosphorescents. En fait, l'éther $CS(OCH^3)^2$ préparé avec le thiophosgène $CSCl^2$ et le méthylate de sodium a fourni des vapeurs fortement lumineuses; l'homologue $CS(OC^2H^5)^2$ n'a présenté qu'une phosphorescence douteuse.

Ces phosphorescences ont leur source dans une *oxydation*. Le nuage blanc, opaque, formé par les éthers thiosulfocarboniques, nuage qu'il est *extraordinairement* difficile de condenser, contient de l'acide sulfurique; il ne se forme pas dans l'hydrogène, le gaz carbonique, mais se manifeste au moment où ces gaz chargés des vapeurs organiques se répandent dans l'air; un espace vide d'air, puis rempli de vapeur d'éther $CS(SCH^3)(OCH^3)$, s'illumine au moment où l'air rentre, etc. Je me propose d'examiner d'un peu près quelques circonstances de ces phosphorescences dont une des conditions me paraît être un grand excès d'oxygène.

En résumé, j'ai fait connaître dans cette Note onze cas de phosphorescence qui offrent l'intérêt de se rattacher à la présence dans une molécule organique d'un groupement atomique constant $-C\begin{cases}S\\O-\end{cases}$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche de l'hexaméthylène-tétramine dans les moûts et les vins.* Note de M. E. **Voisenet**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis quelque temps on signale l'emploi de l'hexaméthylène-tétramine ou urotropine, comme agent désulfiteur des moûts et des vins. Cet usage est illicite d'abord, parce que ce composé, considéré isolément, devient ainsi une source d'aldéhyde formique; l'acidité relativement faible du moût ou du vin suffisant à provoquer le dédoublement de l'hexaméthylène-tétramine en ses constituants, formaldéhyde et ammoniaque. D'autre part, l'ingestion d'urotropine, à doses même faibles, mais renouvelées, peut occasionner des accidents. Enfin, l'aldéhyde formique, au fur et à mesure de sa formation, se combine rapidement à l'acide sulfureux des vins sulfités, en donnant une combinaison suffisamment stable pour masquer au dosage une grande partie de cet antiseptique, quelle que soit la méthode employée.

Ce sont en général les vins blancs, contenant une notable quantité de matières sucrées, qui, après avoir été mutés au soufre d'une façon souvent inconsidérée, sont ainsi désulfités et ramenés en apparence à la dose légale d'acide sulfureux, soit 350^{mg} de SO^2 total par litre. Le fait se présente plus rarement pour les vins rouges, en raison de la dépréciation que subit leur couleur par la pratique du mutage sulfitique. Cette désulfitation s'opère aussi sur les moûts, lesquels peuvent alors entrer en fermentation sans le concours de la chaleur qui donne toujours un goût spécial aux vins mi-fermentés obtenus.

Les méthodes de recherche de l'hexaméthylène-tétramine sont fondées sur la régénération de la formaldéhyde constituante, suivie de sa reconnaissance. Indépendamment des procédés officiels, d'autres moyens ont été préconisés, en particulier ceux basés sur l'emploi du bisulfite de rosaniline (réactif des aldéhydes), par essai direct sur le vin fortement acidifié, ou par essai après distillation du liquide acidulé par l'acide sulfurique; si le vin a été additionné d'urotropine, le réactif se colore en violet.

Ces deux essais sont fondés sur une réaction qui n'est pas spécifique pour la formaldéhyde : le bisulfite de rosaniline est en effet un réactif de classe, et toutes les aldéhydes colorent ses solutions acides en violet. Or, des aldéhydes diverses existent dans tous les vins, notamment de l'aldéhyde acétique, surtout dans les vins vieux, où l'on peut rencontrer plusieurs centaines de

milligrammes d'éthanal par litre, ainsi qu'il résulte des récentes recherches de M. Trillat : en particulier les vins blancs du Sauternois rentrent dans cette catégorie. Il s'ensuit qu'on s'exposerait, à l'aide de la coloration violette du réactif à la rosaline, à conclure à la présence du formol ou de l'urotropine.

Pour rechercher et reconnaître sûrement l'hexaméthylène-tétramine dans les moûts ou les vins, il n'est qu'une méthode pratique fondée sur la facile décomposition de cette substance par les acides, même diluées, avec régénération de la formaldéhyde que l'on sépare par distillation et caractérise ensuite colorimétriquement. Mais, pour appliquer cette méthode dans les circonstances actuelles, il est nécessaire de tenir compte de plusieurs conditions. En effet :

1° La plupart des réactions colorées employées pour caractériser l'aldéhyde formique sont basées sur sa facile condensation avec d'autres substances, suivie de l'oxydation du produit formé, ce qui fournit une matière colorante plus ou moins sensible à l'action des réducteurs, en particulier de l'acide sulfureux qui, dans le cas d'un vin muté au soufre, accompagne toujours la formaldéhyde.

2° De l'aldéhyde formique prend naissance dans l'action des acides, même très dilués, sur les solutions sucrées chaudes, et la quantité est fonction de la température et de la richesse de la solution en acide et en substance sucrée.

Pour ces raisons, il faut pouvoir caractériser la formaldéhyde dans les premiers fractionnements en employant une réaction colorée qui ne soit pas trop influencée par l'acide sulfureux, et ne pas aciduler le vin à l'excès, pour éviter la formation de formaldéhyde étrangère, surtout dans le cas de vins sucrés. Enfin cette réaction colorée devra être spécifique.

Une telle réaction, dont j'ai fait antérieurement l'étude [1], consiste dans l'obtention d'une matière colorante violette, lorsqu'on traite une substance albuminoïde par l'acide chlorhydrique légèrement nitreux en présence de traces d'aldéhyde formique, réaction dont la sensibilité atteint $\frac{1}{10\,000\,000}$. Dans les mêmes circonstances, les autres aldéhydes grasses donnent des réactions incolores ou de colorations distinctes.

Pour appliquer cette réaction on se procure les réactifs suivants :

Réactif chlorhydrique nitreux. — On l'obtient en ajoutant à 200^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur et concentré ($d = 1,18$), $\frac{1}{10}$ de centimètre cube d'une solution d'azotite de potasse pur à $3^g,6$ pour 100.

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 1198.

Réactif albumineux. — On doit le préparer en prenant un blanc d'œuf qu'on bat avec 5^{cm^3} à 7^{cm^3} d'eau distillée; on filtre sur une toile en exprimant; on obtient ainsi une solution d'albumine à 10 pour 100 environ.

Mode opératoire. — On acidule 25^{cm^3} de vin avec 2 gouttes d'acide sulfurique et l'on introduit le liquide dans un ballon de 50^{cm^3} muni d'un tube de condensation entouré d'un réfrigérant sur une longueur de 20^{cm}; la distillation doit être lente : on reçoit le liquide distillé dans une éprouvette graduée de 50^{cm^3}, les cinq premiers centimètres cubes sont rejetés et l'on recueille seulement les 5^{cm^3} qui suivent, bien que de la formaldéhyde continue à se dégager dans la suite de la distillation. Sur ce fractionnement, on fait l'essai suivant : dans l'éprouvette qui le contient, on ajoute 1^{cm^3} de réactif albumineux, puis trois volumes, c'est-à-dire 18^{cm^3} d'acide chlorhydrique nitreux; on agite et l'on verse dans un tube à essai que l'on place dans un bain-marie à 50°; si l'aldéhyde formique est présente, on obtient une coloration violette atteignant son maximum d'intensité en 10 minutes. Un vin contenant par litre 1^{cg} d'urotropine et 500^{mg} de SO^2 total fournit ainsi une coloration violette intense.

Par cette méthode on peut reconnaître l'urotropine dans un vin à la dose de 1^{mg} par litre, même en présence de 700^{mg} de SO^2 total, c'est-à-dire du double de la dose légale; on obtient ainsi une coloration violette bien nette. Cette sensibilité se trouve encore augmentée et portée à $\frac{1}{100000000}$, ce qui correspond à $\frac{1}{10}$ de milligramme d'urotropine par litre, pour un vin contenant la dose légale de 350^{mg} de SO^2 total.

Ces limites ont été établies avec des vins blancs ou rouges, soumis pendant plusieurs mois à l'action combinée de l'acide sulfureux et de l'urotropine : en pratique, ces doses infinitésimales ne se présenteront jamais, les quantités de cet *anti-soufre* ajoutées à un moût ou à un vin étant proportionnées à celles de l'acide sulfureux qu'elles doivent dissimuler.

Un vin fortement sucré, à 100^g ou même 150^g de sucre par litre, soumis à la distillation en présence de l'acide sulfurique dans les conditions précédentes, ne donne de formaldéhyde décelable par le réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux, que dans les fractionnements qui suivent les dix premiers centimètres cubes.

En résumé, cette méthode de recherche de l'urotropine présente les qualités suivantes : spécificité, simplicité, et sensibilité. J'ajoute qu'elle peut se prêter à un dosage colorimétrique au moins approximatif, à condition d'acidiuler suffisamment le vin pour dégager toute l'aldéhyde combinée et d'utiliser pour la préparation de l'échelle, un vin à teneurs sulfitique et sucrée équivalentes à celles du vin incriminé; ce dosage sera avantageusement contrôlé par celui de l'ammoniaque existant dans le liquide non distillé.

La formation d'aldéhyde formique dans l'action des acides sur les solutions de sucres est un fait que je me propose de préciser ultérieurement : enfin, si l'on envisage la genèse aussi fréquente que variée de cette aldéhyde, en particulier son existence parmi les produits d'oxydation de l'alcool

éthylique, cette question de l'urotropine dans les vins présente à l'esprit un autre problème intéressant, à savoir si des traces de méthanal ne prendraient pas naissance à côté de l'éthanal, dans les vins et les eaux-de-vie, en particulier pendant leur vieillissement.

CRYPTOGAMIE. — *Matériaux pour une classification rationnelle des* Fungi imperfecti. Note de M. **P. Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

Dans les systèmes usuels, dont le caractère empirique saute aux yeux, les *Fungi imperfecti* ou Deutéromycètes sont répartis en trois classes : *Sphæropsidales*, *Melanconiales* et *Hyphales*. Cette dernière est subdivisée, d'après des apparences superficielles, en Mucédinées, Dématiées, Stilbellacées et Tubercularlacées. Les deux premiers ordres réunissent toutes les espèces dont les spores sont portées sur des filaments disséminés, hyalins (Mucédinées) ou fuligineux (Dématiées). Les Stilbellacées sont caractérisées par des sporophores réunis en bouquet (*coremium*), les Tubercularlacées par des sporophores groupés en coussinet (*sporodochium*). Ces caractères, quoique très apparents, indiquent mal les affinités, car une même espèce peut, selon les circonstances extérieures, répondre successivement à la définition des Mucédinées (ou Dématiées), des Stilbellacées et des Tubercularlacées. Il faut chercher des caractères plus fixes auxquels les précédents seront subordonnés.

La *conidie* est l'élément le plus stable qui puisse, à défaut d'asque ou de baside, servir de base à la classification des Champignons à thalle primitivement cloisonné (*Hyphomycetæ* sensu latiori).

La conidie, opposée au thalle (mycélium) dès son apparition, ne sera confondue ni avec les *thallospores*, éléments sporiformes qui ont d'abord fait partie du thalle et se sont adaptés secondairement à la fonction reproductrice (*arthrospores* ou fragments de mycélium, *blastospores* ou globules bourgeonnants, *chlamydospores*), ni avec les *hémispores* qui, primitivement distinctes du thalle (protoconidies), continuent à végéter pour se fractionner en deutéroconidies (*Hemispora*, *Helicomyces*, *Helicosporium*, etc.). Les conidies vraies caractérisent la classe des Conidiosporés, mieux définie que les Hémisporés et les Thallosporés avec lesquels elle est généralement confondue.

Les complications de l'appareil conidien permettent d'établir une gradation parmi les Conidiosporés.

Le rameau qui sert de support immédiat aux conidies a souvent la forme d'un flacon avec un ventre et un col, rappelant une baside monosporée et son stérigmate. Le nom de *baside* devant être réservé à l'organe caractéristique des Basidiomycètes, le rameau conidiophore en flacon prendra celui de *phialide* (φιάλη, *phiala*, flacon). Abstraction faite des cas où elle se complique ou se réduit secondairement, la phialide typique forme les conidies exclusivement au sommet du col. Tantôt elle s'épuise en donnant une seule conidie, tantôt elle en produit plusieurs successivement et en direction basipète. Celles-ci peuvent s'isoler au fur et à mesure de leur formation, rester agglutinées ou former des chaînettes ou chapelets plus ou moins longtemps cohérents. L'existence d'une phialide fournit le caractère taxinomique le plus fixe après l'existence des conidies; elle caractérise parmi les Conidiosporés la division des Phialidés.

Les rameaux qui portent les phialides (phialophores) présentent, de leur côté, des aspects particuliers diversement fixés.

S'il ne faut pas s'exagérer l'importance des renflements en tête des *Aspergillus*, des vésicules interposées entre la tête et les phialides chez les *Sterigmatocystis*, non plus que des autres modifications liées directement à l'accumulation de nombreux rameaux sur un espace restreint, il convient de tenir compte des branches spécialisées telles que les palettes qui portent ces phialides dans le genre *Coemansia* van Tieghem. Ces phialophores comprennent une portion de forme particulière, qui, préparant la production des phialides, prendra le nom de *prophialide*. Cet organe est cloisonné chez les Coémansiées; nous en connaissons une forme simple, néanmoins bien différenciée, dans un nouveau genre que nous nommerons *Urophiala* et que nous prendrons pour type des Prophialidés.

La prophialide des *Urophiala* naît, comme celle des *Coemansia*, de l'avant-dernière cellule du rameau phialophore et porte les phialides sur sa face concave; elle en diffère parce qu'elle reste indivise et se cutinise fortement. Dans l'*Urophiala mycophila* nov. sp., sa prophialide, d'un brun sombre, ressemble à une palette brusquement coudée vers le tiers supérieur et portant, sur le promontoire qui surplombe la concavité, trois phialides juxtaposées, hyalines, en forme d'estomac, terminées chacune par une conidie ovale, lisse, incolore, unicellulaire, de $5^{\mu},5$–$7^{\mu} \times 4^{\mu}$–5^{μ}. La prophialide, qui mesure en moyenne $11^{\mu} \times 7^{\mu} \times 4^{\mu}$, est surmontée d'un appendice terminal cylindrique et portée par un pédicelle 0-2 septé.

Dans un spécimen où la prophialide était avortée, l'appendice s'était allongé en un phialophore normal. Dans de rares exemplaires, l'appendice terminal fait défaut; l'un d'eux, en même temps dépourvu de phialide médiane, rappelait l'*Urobasidium rostratum* Giesenhagen. Ce dernier genre est déplacé parmi les Basidiomycètes; l'organe décrit comme baside ressemble à la prophialide d'*Urophiala;* celui qu'on a comparé aux stérigmates est peut-être une phialide contractée.

L'ordre des Prophialidés se range en tête des Conidiosporés avec les genres *Urophiala*, dont le genre *Urobasidium* est probablement voisin, les genres *Coemansia* van Tieg., *Coronella* Crouan. Dans ce dernier, les phia-

lides avortent ou fonctionnent directement comme conidies en raison du progrès et de l'association des prophialides.

L'ordre des Phialidés qui le précède est très vaste. Il rassemblera une foule d'espèces disséminées jusqu'ici dans les classes, les familles les plus diverses et même dans des genres hétérogènes. Le *Sporotrichum roseum* Link, le *Botrytis Bassiana* Bals., les genres *Verticillium*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, etc., en font partie. Il sera subdivisé d'après le groupement des spores, leur structure; on fera intervenir en dernier lieu les caractères empiriques jusqu'ici employés exclusivement ou placés au premier plan.

Viennent ensuite les Sporophorés moins déterminés et, au rang inférieur des Conidiosporés, les Sporotrichés où les conidies sont portées directement par les filaments végétatifs.

CHIMIE AGRICOLE. — *Un effet du drainage.* Note de M. **Biéler-Chatelan**, présentée par M. A. Chauveau.

Les expériences faites par la Station agronomique de Lausanne (Suisse) pour déterminer l'action des engrais potassiques sur prairies naturelles ont révélé un fait intéressant qu'il vaut la peine de rapporter.

A Macheiry et à Colovrex près Genève, deux prairies voisines, quoique situées sur des sols presque identiques de marne glaciaire (nommée *diot* dans la région) ont été assez différemment influencées par l'engrais potassique. Les excédents de récolte dus à la potasse étaient en moyenne (fourrage sec à l'hectare) :

A Macheiry, de.....	17 pour 100
A Colovrex, de.....	6 pour 100

D'après ces chiffres, on serait tenté de croire que la terre de Macheiry, où les excédents sont trois fois plus forts qu'à Colovrex, est la plus pauvre en potasse. Or l'analyse chimique montre justement le contraire. Elle décèle :

	Potasse soluble	
	dans l'acide chlorhydrique concentré froid, pour 100.	dans l'eau carbonique par déplacement, pour 100.
A Macheiry.....	1,9	0,108
A Colovrex.....	1,6	0,090

La terre de Macheiry se montre donc mieux pourvue de potasse que celle

de Colovrex et pourtant c'est elle qui a le plus bénéficié de l'engrais potassique. Voilà une contradiction bien énigmatique dont l'analyse chimique ne nous donne pas la clef, mais que des observations faites sur le terrain permettent d'expliquer.

On remarque en effet que la prairie de Macheiry occupe une sorte de cuvette, au bas d'une pente où l'eau s'accumule et s'écoule difficilement, faute de drainage. Il en résulte que cette terre, déjà fort compacte de sa nature (plus qu'à Colovrex), souffre de l'excès d'humidité et du manque d'aération. La nitrification paresseuse, la circulation pénible de l'air et de l'eau font que les principes nutritifs solubles, notamment la potasse, s'assimilent lentement et mal. On conçoit dès lors qu'il faille en quelque sorte suppléer à cette nutrition défectueuse en donnant aux plantes une nourriture artificielle sous forme d'engrais potassique.

A Colovrex, au contraire, la situation est plus favorable. La prairie est à flanc de coteau, au bord d'un ravin où l'eau trouve un écoulement facilité par le drainage. De plus elle succède à une vigne dont le sol était fréquemment ameubli. Il en résulte que la terre est moins compacte, plus perméable et plus saine qu'à Macheiry; elle est aussi plus productive. L'air et l'eau y circulent facilement, favorisant l'assimilation de la potasse soluble par les racines. Les plantes profitent ainsi mieux de ce que le sol lui-même contient, en sorte que le besoin d'un engrais potassique s'y fait bien moins sentir qu'à Macheiry.

En résumé, il semble bien qu'il y ait là un effet manifeste du drainage. Celui-ci, en créant dans le sol une circulation d'air et d'eau, active et renouvelle l'assimilation des principes solubles, sans compter que les racines s'enfoncent davantage et peuvent ainsi utiliser un plus grand cube de terre.

Cet exemple est non seulement intéressant en soi, mais encore il montre que l'analyse chimique à elle seule ne saurait résoudre, dans tous les cas, le problème de la fertilité du sol. L'analyse donne, il est vrai, des indications fort utiles, mais elle n'est pas un critère infaillible et demande à être contrôlée par l'expérience en plein champ. Pour l'interpréter sainement, il faut l'étayer sur l'examen des conditions *topographiques* et *physiques* du sol en place : orientation, pente, profondeur du terrain, approvisionnement et écoulement de l'eau, texture, surface d'attaque, perméabilité de la terre, etc. Il est bien évident par exemple qu'à dose égale de principes assimilables, une terre profonde, où les racines peuvent s'étendre à leur aise, sera plus productive qu'un sol superficiel, ou bien qu'une terre perméable se montrera plus fertile qu'une terre trop compacte, etc.

On remarquera que, dans ces deux terres de Colovrex et de Macheiry, la dose de potasse soluble dans l'eau carbonique est notablement inférieure au

chiffre 0,15 à 0,20 pour 100, indiqué dans une Note précédente (*Comptes rendus* du 14 mars) comme limite en dessous de laquelle les engrais potassiques peuvent être efficaces. A Macheiry, ils ont produit de l'effet, mais à Colovrex presque point. C'est un cas *exceptionnel*, qui s'explique à la fois par le drainage et par le fait que cette terre, fortement calcaire (20 pour 100), livre relativement peu de potasse à l'eau carbonique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes.* Note de MM. **H. Bordier** et **R. Horand**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une première Note [1] nous avons fait connaître l'action rapidement destructive des rayons ultraviolets sur le trypanosome *Lewisi;* nous disions que la préparation, rapportée sur la platine de l'ultramicroscope après l'action des rayons, ne permettait pas de retrouver les cadavres de ces protozoaires. Nous nous sommes attachés, depuis, à résoudre le problème suivant : Que deviennent les trypanosomes pendant et après l'irradiation?

Sa solution a été possible grâce à l'idée que nous avons eue de faire agir les rayons ultraviolets sur la préparation placée sur la platine même de l'ultramicroscope; ce dispositif nous a permis d'observer les trypanosomes pendant l'action des rayons et d'assister à leur agonie, puis à leur mort.

Nous avons obtenu ce résultat en prenant, pour étaler la gouttelette de sang, une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, et de $0^{mm},5$ d'épaisseur seulement; notre source de rayons ultraviolets, la lampe de Kromayer, était placée en avant du miroir du microscope, à une distance telle que le faisceau, d'abord horizontal, avait à parcourir 10^{cm} avant de venir traverser la préparation; celle-ci était sûrement ainsi soustraite à l'action de la zone calorifique de la lampe, qui ne s'étend qu'à 3^{cm} ou 4^{cm}. L'absorption des rayons ultraviolets par la substance formant le condensateur de l'ultramicroscope et la modification ainsi apportée dans la qualité des rayons ont été compensées par la durée de l'irradiation.

Nous avons eu soin de nous protéger les yeux avec des lunettes de verre opaque pour les rayons, et la figure avec une grande feuille de papier noir, laissant passer le tube du microscope; nos mains étaient recouvertes par des gants absorbants.

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 7 mars 1910.

Les choses étant ainsi disposées, nous avons reconnu que les trypanosomes éclairés par les rayons de la lampe à vapeur de mercure sont très visibles, plus visibles même qu'avec la lampe à arc; ils apparaissent avec une couleur or vert, les globules rouges deviennent très rapidement crénelés et mûriformes, leur couleur est vert émeraude : nous avons déjà mentionné la transformation de l'oxyhémoglobine en méthémoglobine et en hémoglobine réduite par l'action des rayons ultraviolets [1].

Avec cet éclairage ultraviolet, le contour des trypanosomes est très net; le protoplasma renferme, à peu près en son milieu, un noyau assez gros; autour de celui-ci dansent de fines granulations colloïdales qui forment le bioblaste; vers l'extrémité antérieure, on observe la volumineuse vacuole ou vésicule contractile. En arrière, se trouve la petite masse chromatique, le centrosome, d'où part le long flagelle; ce centrosome est le siège d'une vive luminescence; enfin, la membrane ondulante se dessine très bien sur le fond franchement noir.

Au bout de quelque temps, les mouvements des trypanosomes, d'abord très rapides, deviennent plus lents; ils se fouissent sous les globules rouges altérés; ils prennent des mouvements de contorsion et se laissent entraîner par les courants liquides. Ces Flagellés ne tardent pas à devenir granuleux et le nombre de granulations augmente avec la durée d'action des rayons, on assiste à la formation d'un grand nombre de ces grains réfringents pendant que les trypanosomes deviennent de plus en plus immobiles. Leur protoplasma s'est alors décoloré, l'indice de réfraction de ce qui reste du protozoaire est devenu le même que celui du sérum ambiant et l'on ne peut plus distinguer les cadavres du reste de la préparation. Le centrosome est difficilement perceptible.

Des préparations, fixées et colorées au Leishmann, nous ont permis de préciser ces observations et de retrouver les formes de dégénérescence des trypanosomes.

Nos expériences montrent donc que, sous l'influence des rayons ultraviolets, les trypanosomes deviennent rapidement très granuleux et leurs cadavres ratatinés, étant transparents et de même indice que le milieu ambiant, sont impossibles à retrouver quand on fait agir à part les rayons et qu'on rapporte ensuite la préparation sous l'ultramicroscope éclairé avec une lampe à arc.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Toxicité de l'arsenic métalloïdique.* Note de M. **Lecoq**, présentée par M. A. Haller.

L'arsenic métalloïdique pur, non oxydé, administré à dose massive, par la voie stomacale, est peu toxique.

La préparation d'une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique a permis

---

[1] *Arch. d'Électr. médicale*, 1908, p. 316 et 323.

d'évaluer la toxicité de ce métalloïde administré par voie sous-cutanée ou intraveineuse et de poursuivre la comparaison avec la toxicité de ses composés oxygénés solubles.

La solution utilisée contenait, par centimètre cube, $0^g,00078$ *d'arsenic pur*, complètement exempt d'acide arsénieux. La toxicité a été évaluée suivant la méthode de Bouchard et nous appelons *dose toxique* la dose de poison, administrée en une seule fois, nécessaire pour tuer 1^{kg} d'animal en moins de 24 heures.

Les expériences ont porté sur le cobaye et le lapin.

Par voie sous-cutanée, la dose toxique pour le cobaye a été de $0^g,0145$.

Par voie intraveineuse, chez le lapin (injection lente dans la veine marginale), la dose toxique a été de $0^g,0086$.

Lorsque la dose injectée est insuffisante pour provoquer la mort, on observe, chez les animaux, de l'abattement, de la somnolence, un amaigrissement rapide, puis le retour à l'état normal. On n'observe aucun des phénomènes de dyspnée et de convulsions qui apparaissent rapidement avec les composés oxygénés. Ces symptômes apparaissent seulement quelques instants avant la mort, lorsque l'arsenic métalloïdique a été administré au lapin par voie intraveineuse à dose mortelle.

Si l'on compare les chiffres obtenus dans ces expériences aux doses toxiques d'acide arsénieux trouvées, dans les mêmes conditions et pour les mêmes animaux, par Brouardel (*L'arsénicisme*, p. 15), on voit que la toxicité de l'arsenic métalloïdique, administré par la voie sous-cutanée ou endoveineuse, est très inférieure à celle de l'acide arsénieux.

ZOOLOGIE. — *Sur un Oiseau de la famille des Coureurs, particulier aux hauts sommets des Andes péruviennes.* Note de M. **M.-Emm. Pozzi-Escot.** (Extrait par M. Edmond Perrier.)

Dans la dernière excursion que j'ai eu l'occasion de faire pendant les mois de janvier et février dans la région de la Sierra péruvienne, mon attention a été particulièrement attirée, au milieu de la merveilleuse faune ornithologique de cette région, par un Coureur particulièrement intéressant, qui est probablement un Vanneau armé (*Balanopterus chilensis*).

Ce n'est qu'à partir de 3800^m d'altitude qu'on rencontre cet Oiseau, dont le cri est très fort et ressemble à celui de la Crécelle ; il semble avoir

son lieu de prédilection au voisinage des neiges éternelles et dans les grandes *punas* de la Cordillère à 4000^{m}-4500^{m} d'altitude; on a l'occasion d'en rencontrer plusieurs couples par jour; il vit seul ou par couple seulement et se plaît à s'élever très fréquemment dans l'air en criant très fort.

Dans mes précédents voyages à la Cordillère je n'avais jamais rencontré cet Oiseau, et il est probable que la rencontre que j'en ai faite cette fois est due à ce que mon voyage a coïncidé avec la période hivernale et des grandes pluies qui l'ont obligé à descendre des hauteurs peu accesssibles, où il m'avait jusqu'à présent échappé, car, je le répète, jamais je ne l'ai rencontré à moins de 3800^{m} d'altitude.

BACTÉRIOLOGIE. — *Reproduction expérimentale du bouton d'Orient chez le chien. Origine canine possible de cette infection.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Manceaux**, présentée par M. E. Roux.

Il est généralement admis que le bouton d'Orient est transmis à l'homme par la piqûre d'un insecte. Le siège presque exclusif des lésions sur les régions découvertes, la constatation faite par plusieurs malades de l'animal piqueur au moment de l'inoculation, laissent peu de doutes à ce sujet.

Il semble cependant que les deux facteurs homme et insecte ne soient pas suffisants pour expliquer l'étiologie de la maladie. Celle-ci, dans l'Afrique Mineure, se montre toujours à la même époque de l'année et ne paraît guère se contracter en dehors de septembre et octobre. Ces deux mois sont, sans doute, ceux auxquels vit l'insecte inconnu qui transmet le mal.

Quoique la durée du bouton d'Orient puisse atteindre 6 mois et plus, il est difficile d'admettre que l'homme constitue l'unique réservoir du virus. Les quelques lésions qui subsistent d'une année à l'autre ne sont plus, en été, que des plaies banales où l'agent spécifique ne peut être rencontré, et il n'est point vraisemblable que l'insecte piqueur vienne précisément s'y infecter. D'autre part, s'il y a passage de la *Leishmania* dans le sang, ce passage ne peut avoir lieu que dans la période de début.

Il faut donc admettre, pour expliquer le retour saisonnier de la maladie, ou bien que chez l'insecte la transmission est héréditaire ou bien, ce qui serait plus simple, qu'un animal à côté de l'homme joue le rôle de réservoir

de virus. C'est vers la découverte de cet agent hypothétique que depuis deux ans nous avons dirigé nos recherches.

La distribution géographique du bouton d'Orient, sous une même latitude (probablement en rapport avec l'habitat de l'insecte piqueur ou les conditions d'évolution chez lui de la *leishmania*), mais dans des pays très différents : Afrique du Nord, Asie centrale, Sud Amérique, montre qu'il ne peut s'agir dans notre hypothèse que d'un commensal de l'homme dont la présence serait constante dans toutes ces régions. Nos recherches ont donc visé principalement le chien, les équidés, le rat, la chauve-souris. Dans le but de les poursuivre sur place, nous avons établi un laboratoire à Gafsa, centre historique du bouton d'Orient en Tunisie. Le hasard a fait que durant les deux années (1908 et 1909) que le laboratoire a fonctionné il ne s'est produit chez l'homme aucun cas de bouton d'Orient ; le résultat entièrement négatif de notre enquête sur le réservoir du virus n'eut donc point de quoi nous surprendre.

Le seul foyer actuel du bouton d'Orient dans la Régence est la ville minière de Metlaoui (45^{km} à l'ouest de Gafsa). Avant de commencer une enquête nouvelle dans ce centre, nous avons eu l'idée de chercher l'animal réservoir par une autre méthode, l'inoculation du virus humain. Grâce à la complaisance de M. Bursaux, directeur de l'exploitation des phosphates et de notre très distingué confrère le Dr Coignerai, médecin de la Compagnie, il nous a été possible de faire venir à Tunis trois malades atteints de bouton d'Orient. Le matériel de nos expériences a été prélevé sur eux.

De tous les animaux inoculés : chiens, chats, ânes, cheval, moutons, chèvres, rats, singes, seuls les singes et les chiens ont réagi. Chez le chien, l'aspect clinique est celui du bouton de l'homme et l'examen microscopique donne les mêmes résultats que chez celui-ci. Les observations suivantes que nous résumons brièvement le prouvent :

Chien B. — Inoculé le 1er février au front et sur le nez, dans la peau. Rien jusqu'au 10 mars. A cette date (*incubation : 37 jours*), induration légère et profonde aux deux points inoculés. Même état le 16. Le 21, les lésions ont progressé surtout le bouton du nez qui fait une saillie nette à l'œil, rouge, dure, non douloureuse, de 15^{mm} environ sur 7^{mm}; la peau est intéressée; ni suintement, ni desquamation.

Chien C. — Inoculé le 1er février au nez et à la paupière supérieure droite, dans la peau. *Incubation* 37 *jours*. Le 10 mars, induration nette des deux points inoculés. Le 16, les lésions se sont accrues; le bouton de la paupière est saillant, de la dimension d'une lentille, il est rouge, dur, non douloureux. On l'excise; sur les frottis présence de *Leishmania* typiques extracellulaires. Le 21, même état du bouton du nez.

Chien D. — Inoculé le 7 février sur le nez, dans la peau. Début du bouton vers le 15 mars (*incubation : 36 jours*). Le 22, le bouton présente le volume d'un gros grain de blé; il est saillant, dur, rouge, non douloureux. On l'excise; sur les frottis présence de *Leishmania*, très nombreuses extra et intracellulaires; aspect identique à la préparation du bouton humain le plus riche en parasites. Ce bouton a été utilisé pour de nombreuses inoculations.

Chien E. — Inoculé le 7 février à la paupière supérieure, dans la peau. Début vers le 15 mars (*incubation: 36 jours*). Le 21, bouton typique, du volume d'un petit pois, rouge, saillant, dur, non douloureux, non ulcéré, non squameux.

Le chien est donc, au même titre que l'homme et le singe, sensible à l'inoculation du virus. Cette réceptivité rend très plausible l'hypothèse de l'origine canine du bouton d'Orient. Pour la démontrer, il sera nécessaire de retrouver la maladie spontanée chez le chien dans les pays à bouton.

Plusieurs observations semblent y prouver son existence; mais il faut avouer qu'elles ne sont point très concluantes. Le contrôle microscopique manque (Depéret et Boinet) ou a donné un résultat négatif (James). Un chien du Caucasse étudié par Dschunkowsky et Luhs et atteint de leishmaniose naturelle (Kala Azar sans doute) présentait des ulcérations dans lesquelles la présence de *Leishmania tropica* ne semble point avoir été recherchée. Ajoutons d'autre part que jusqu'à présent les tentatives d'inoculation du virus humain au chien avaient échoué (Depéret et Boinet).

HYDROLOGIE. — *De la recherche des substances fluorescentes dans quelques eaux minérales.* Note de M. **F. Dienert**, présentée par M. E. Roux.

Dans nos précédentes Notes [1], nous avons signalé la présence de substances fluorescentes, d'origine organique, dans les eaux superficielles et souterraines. Nous nous proposons, dans cette Note, d'indiquer les résultats des recherches de ces substances dans quelques eaux minérales des régions de Vichy, Clermont-Ferrand, des monts Dore et de Spa [2].

---

[1] *Comptes rendus*, 25 mai 1908 et 21 février 1910.

[2] Ces eaux ont été prélevées par nous-mêmes aux griffons de la source, toutes les fois que ce fut possible, ou à la vasque de l'établissement thermal quand le griffon était inaccessible; grâce à l'amabilité du Dr Porkin, nous pûmes également étudier les eaux des sources de Spa.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-dessous (¹) :

Sources.	Température.	Résidu fixe en grammes.	Quantité de fluorescéine (²).
Vichy :			
Grande Grille	43°	5,02	$5,9\times10^{-4}$
Hôpital	34°	5,18	$12,4\times10^{-4}$
Mesdames	15°	»	$8,8\times10^{-4}$
Célestins	Froide	4,77	$51,9\times10^{-4}$
Lucas	28°	5,02	$10,6\times10^{-4}$
Saint-Yorre :			
Jacquin	15°	»	$7,0\times10^{-4}$
Larbaud	15°	»	$13,0\times10^{-4}$
Mont-Dore :			
Margueritte	Froide	2g à 3g par litre	$4,7\times10^{-4}$
Madeleine	Entre 38° et 47°		$10,6\times10^{-4}$
César			$4,7\times10^{-4}$
Ramond			$8,8\times10^{-4}$
Saint-Nectaire :			
Papin	45° à 55°	Peu minéralisée	$17,7\times10^{-4}$
Morange	10° à 12°	Id.	$17,7\times10^{-4}$
Parc	18°	Minéralisation moyenne	$12,7\times10^{-4}$
Coquille	18° à 24°	Forte minéralisation	$12,7\times10^{-4}$
Gros-Bouillon	37° à 41°	Id.	$6,3\times10^{-4}$
Royat :			
César	28°	2,857	$29,5\times10^{-4}$
Saint-Mart	31°	4,474	$23,6\times10^{-4}$
Saint-Victor	20°	4,782	$13,6\times10^{-4}$
Villeda	14°,5	0,274	$50,7\times10^{-4}$
Sainte-Eugénie	35°,5	5,623	$19,4\times10^{-4}$
Clermont-Ferrand :			
Gassiou	»	»	$354,0\times10^{-4}$
Bourboule :			
Choussy	56°	4,938	$17,1\times10^{-4}$
Croizat	»	»	$8,2\times10^{-4}$
Spa :			
Position de Wellington	»	»	$1,1\times10^{-4}$
Position de Condé	»	»	$44,2\times10^{-4}$

(¹) Toutes ces eaux, sauf la source goudronneuse Gassion, de Clermont-Ferrand, furent, pour ces recherches, évaporées au $\frac{1}{30}$ de leur volume.

(²) Cette fluorescéine est exprimée en milligrammes par litre et donne la même fluorescence que les substances contenues dans les eaux ci-dessus (en lumière rouge bleu).

On tire de ce Tableau les conclusions suivantes :

A. Toutes les eaux étudiées contiennent des substances fluorescentes, mais la plupart en très faible quantité;

B. Très souvent, on trouve que plus la température des eaux est élevée moins il y a de substances fluorescentes;

C. Les substances fluorescentes sont d'autant plus rares que le résidu fixe des eaux est plus élevé;

D. A Spa, la quantité de substances fluorescentes est d'autant plus faible que la source est mieux captée. Cette remarque semble générale et peut être appliquée aux autres sources;

E. Parmi les eaux étudiées, ce sont celles du mont Dore qui sont les moins fluorescentes, et les eaux goudronneuses (¹) sont les plus riches en ces substances.

Ces recherches peuvent être intéressantes, quand il s'agit de faire un captage rationnel des eaux minérales et complètent les caractères indiqués par M. A. Gautier dans sa Note du 21 janvier 1910, pour différencier les eaux minérales des eaux d'origine superficielle.

Nos études actuelles pour différencier les différentes substances fluorescentes ne nous permettent pas encore de classer dans des catégories nettement délimitées celles provenant de la surface du sol de celles d'origine profonde (¹). Nous avons toutefois fait une remarque qui nous paraît présenter le plus grand intérêt. A côté des substances organiques fluorescentes les eaux possèdent d'autres substances organiques dont quelques-unes deviennent fluorescentes par chauffage sous pression à 130° pendant 30 minutes, action qu'on augmente encore en ajoutant à ces eaux une quantité assez grande d'ammoniaque (5 pour 100). Toutes les eaux dites *potables* et les eaux contaminées augmentent de fluorescence sous l'action de la chaleur, les eaux minérales bien captées que nous avons essayées ne changèrent pas de fluorescence. Ce dernier résultat s'explique fort bien puisque les eaux minérales étudiées avaient été portées dans le sol à une température au moins égale, sinon supérieure à 130°, et il était à prévoir qu'un nouveau chauffage à 130° serait sans effet sur leur fluorescence.

(¹) On devait s'attendre à ce résultat, car toutes les substances goudronneuses sont en effet riches en substances fluorescentes.

(²) M. A. Gautier nous a fait connaître qu'en chauffant à 600° les roches, il a obtenu avec l'eau condensée de petites quantités de matières goudronneuses.

M. **Bertainchand**, à l'occasion de la Note présentée dans la dernière séance par M. *Dugast*, annonce qu'il a également trouvé de l'acide borique dans les vins de Tunisie.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

ERRATA.

—

(Séance du 14 février 1910.)

Note de M. *Marcel Delépine*, Sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique et l'acide correspondant :

Page 396, ligne 15, *au lieu de* trouvé P. M., 189-193, *lire* 89-93.

(Séance du 14 mars 1910.)

Note de M. *Charles Nordmann*, Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles :

Page 671, ligne 20, *au lieu de* 31900, *lire* 319000.

Note de M. *H. Larose*, Sur l'équation des télégraphistes :

Page 682, ligne 18, formule (4), *au lieu de*

$$e^{-\frac{t}{\tau}} J_0 \ldots + 2 \sum \ldots$$

lisez

$$e^{-\frac{t}{\tau}} \left\{ J_0 \ldots + 2 \sum \ldots \right\}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Carpentier** présente à l'Académie une *dynamo minuscule* qui a été exécutée par M. Trevet, mécanicien de précision.

Il accompagne sa présentation des considérations et explications suivantes :

« Ce modèle peut être assimilé à ces chefs-d'œuvre ouvriers dont s'enor-
» gueillissaient jadis les artisans épris de leur métier et qui témoignaient de
» leur savoir-faire. Rares maintenant sont les hommes qui, par amour de
» l'art, s'adonnent aux travaux de patience et ne se rebutent pas aux diffi-
» cultés des réalisations minutieuses. Les services qu'ils sont susceptibles de
» rendre à la Science sont à certains moments bien précieux. Aussi l'Aca-
» démie fait-elle œuvre utile en les encourageant par l'attention qu'elle veut
» bien accorder à leurs travaux.

» La dynamo de M. Trevet est du modèle Gramme, « type supérieur ».
» Peut-être n'est-elle pas la plus petite qui ait été faite, et sans doute ne
» serait-il pas impossible de faire plus petit encore. Mais, telle qu'elle est,
» elle s'approche des limites qu'il ne serait pas aisé de dépasser.

» Son poids est de 7^g environ. Ses dimensions entre saillies extrêmes sont
» les suivantes : hauteur, 15^{mm}; longueur, 15^{mm}; largeur, 13^{mm} environ.

» Ses électros inducteurs, bobinés en fil de $0^{mm},05$, isolé soie, portent
» 600 tours.

» Son induit, calé sur un arbre dont les portées n'ont pas plus de $0^{mm},5$,
» mesure lui-même $6^{mm},2$ de diamètre. Il est du modèle à dents, avec
» 12 sections. Son enroulement est fait avec du fil de $0^{mm},05$; il en a absorbé
» une longueur de $1^m,67$.

» Son collecteur et ses balais sont confectionnés comme ceux des grands

» modèles et sont composés de nombreuses pièces détachées. Le porte-
» balais est à calage variable.

» Toutes les pièces sont montées à vis, à l'exclusion de toute soudure ; la
» machine est donc entièrement démontable et remontable, comme les
» vraies machines. »

M. **Carpentier**, à l'aide d'une petite batterie d'accumulateur de poche, fait fonctionner en séance la dynamo, comme moteur. A vide, elle tourne avec une vitesse extrême et fait entendre un susurrement comparable à celui d'un gros insecte. Elle absorbe 0,2 ampère, sous 3,5 volts : soit 0,7 watt. Son rendement doit être évidemment très faible. Comme la vitesse, ce rendement échappe à la mesure.

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Reale Accademia dei Lincei** invite l'Académie à lui faire connaître le nom de ceux de ses Membres qui seront délégués pour la représenter à l'Assemblée générale que l'*Association internationale des Académies* tiendra à Rome du 9 au 15 mai 1910.

MM. **Émile Picard**, **B. Baillaud** et **G. Darboux** sont désignés pour représenter l'Académie.

M. le **Secrétaire de l'Institution of Naval Architects** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime* qui se tiendra, à l'occasion du 50e anniversaire de la fondation de cette Institution, à Londres, le 5 juillet.

MM. **L.-E. Bertin** et le Prince **Roland Bonaparte** sont désignés pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations intégrales non linéaires.* Note de M. **G. Bratu**, présentée par M. Émile Picard.

1. Inspiré par les belles recherches de M. Picard [1] sur l'équation

$$\frac{d^2y}{dx^2} + f(x, y) = 0,$$

[1] *Comptes rendus*, 14 février 1898, et *Traité d'Analyse*, t. III, Chap. VII.

nous avons d'abord étudié complètement le cas simple

$$(1) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + \lambda e^y = 0 \qquad (\lambda = \text{const. positive}),$$

en recherchant les intégrales s'annulant en a et b.

Soit $a = 0$. En étudiant directement la solution de l'équation (1) qui satisfait aux conditions $y(0) = 0$, $y'(0) = m$ et en posant $m^2 + 2\lambda = 2\lambda t$, on trouve que cette solution passe par un maximum égal à $\log t$ pour

$$x = \frac{1}{\sqrt{2\lambda}} \int_0^{\log t} \frac{dy}{\sqrt{t - y}},$$

et qu'elle s'annule de nouveau pour

$$(2) \qquad x = b = 2\sqrt{\frac{2}{\lambda t}} \log(\sqrt{t} + \sqrt{t-1}).$$

Pour $x > b$, y reste négatif.

Soit, d'autre part, $\tau = 3,27\ldots$ la racine réelle unique de l'équation

$$(3) \qquad \log(\sqrt{t} + \sqrt{t-1}) = \sqrt{\frac{t}{t-1}},$$

et soit $\beta = \frac{h}{\sqrt{\lambda}}$ $(h = 1,87\ldots)$ la valeur de b pour $t = \tau$.

Pour $\lambda > 0$ on a $t > 1$ et l'on voit que b, nul pour $t = 1$, augmente, avec t, jusqu'à la valeur β, où il arrive pour $t = \tau$.

Pour $t > \tau$, b diminue et tend vers zéro lorsque t augmente indéfiniment. L'ordonnée maximum de la solution y croît toujours avec t. On a donc le résultat suivant : *l'équation* (1) *admet*

2 solutions	pour	$b < \beta$,
1 »	»	$b = \beta$,
0 »	»	$b > \beta$.

D'autre part, nous savons que les solutions de l'équation (1), qui s'annulent en 0 et b, satisfont aussi à l'équation intégrale non linéaire

$$(4) \qquad y(x) = \lambda \int_0^b G(x, \xi)\, e^{y(\xi)}\, d\xi,$$

$G(x, \xi)$ étant la fonction connue de Green. Si b est fixe, en posant $\lambda_1 = \frac{h^2}{\beta^2}$ on peut encore dire que *l'équation* (1) *admet*

2 solutions	pour	$\lambda < \lambda_1$,
1 »	»	$\lambda = \lambda_1$,
0 »	»	$\lambda > \lambda_1$.

Dans le premier cas les deux solutions sont : l'une supérieure et l'autre inférieure à la solution singulière unique correspondant à $\lambda = \lambda_1$. *Lorsque* λ *croît à partir de zéro, la solution inférieure augmente, la solution supérieure diminue et les deux solutions tendent en même temps vers la solution singulière.*

2. Ces résultats s'étendent facilement à une équation de la forme

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \lambda A(x) e^y = 0. \tag{5}$$

$A(x)$ étant une fonction *positive*. Il résulte des recherches générales de M. Picard que cette équation admet, pour λ négatif, une solution unique s'annulant en a et b; il n'en est pas de même pour λ positif. Nous prouvons qu'il existe un nombre positif λ_1 tel que, pour $0 < \lambda < \lambda_1$ les approximations successives commençant avec $y_0 = 0$ *convergent vers la solution inférieure* de l'équation (5), tandis que pour $\lambda > \lambda_1$, ces approximations ne convergent plus.

3. Considérons plus généralement l'équation intégrale

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b K(x, y) F[\varphi(y)] dy, \tag{6}$$

dans laquelle $F(\varphi)$ est une série à coefficients constants

$$F(\varphi) = b_0 + b_1 \varphi + \ldots + b_n \varphi^n + \ldots. \tag{7}$$

Nous nous proposons de chercher un développement en série entière ordonnée suivant les puissances de λ et satisfaisant à l'équation (6).

Posons

$$\varphi(x) = a_0(x) + \lambda a_1(x) + \ldots + \lambda^n a_n(x) + \ldots. \tag{8}$$

Les fonctions $a_0, a_1, \ldots, a_n$ étant obtenues de proche en proche, on arrive au développement (8) satisfaisant formellement à l'équation (6). Voyons dans quelles conditions ce développement est convergent.

Si nous remplacons $F(\varphi)$ par une fonction majorante $F_1(\varphi)$ et $K(x, y)$ par une fonction positive $K_1(x, y)$, telle qu'on ait

$$|K(x, y)| < K_1(x, y),$$

pour x et y compris entre a et b, et si la solution de l'équation

$$\varphi_1(x) = \lambda \int_a^b K_1(x, y) F_1[\varphi_1(y)] dy \tag{9}$$

est

$$\varphi_1(x) = A_0(x) + \lambda A_1(x) + \ldots + \lambda^n A_n(x) + \ldots, \tag{10}$$

on démontre qu'on a $|a_n(x)| < A_n(x)$.

Si la série (7) est holomorphe pour $|\varphi| < \rho$ et si N est le maximum du module de sa somme dans ce domaine, on peut prendre comme majorante de $F(\varphi)$ l'expression

$$\frac{N\rho}{\rho - \varphi}.$$

Si l'on a en outre $|K(x, y)| < M$ pour $a \leqq x \leqq b$, $a \leqq y \leqq b$, pour prouver la convergence du développement (8), il suffit de prouver que l'équation intégrale

$$\Phi(x) = \lambda \int_a^b \frac{MN\rho}{\rho - \Phi(y)}\, dy \tag{11}$$

admet une solution holomorphe autour de $\lambda = 0$.

$\Phi(x)$ étant indépendant de x en posant $\Phi(x) = C$, nous trouvons comme solution nulle pour $\lambda = 0$ la fonction

$$C(\lambda) = \frac{1}{2}\left[\rho - \sqrt{\rho^2 - 4\lambda MN\rho(b-a)}\right], \tag{12}$$

solution *holomorphe* pour

$$|\lambda| < \frac{\rho}{4MN(b-a)}. \tag{13}$$

Il en résulte que pour ces mêmes valeurs de λ et pour $a \leqq x \leqq b$ la série (8) est *absolument et uniformément convergente.*

Dans le cas particulier $F(\varphi) = e^{\varphi}$, on a $e^{\varphi} < e^{\rho}$ pour $|\varphi| < \rho$ et l'inégalité (13) devient

$$|\lambda| < \frac{\rho}{4Me^{\rho}(b-a)} = \rho';$$

ρ' est maximum pour $\rho = 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales non linéaires.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Picard.

Les résultats de M. Schmidt sur les équations intégrales non linéaires peuvent s'obtenir par une voie différente de la sienne. Proposons-nous de chercher si l'équation

$$\varphi(x) - \int_0^1 F[x, y, \varphi(y), \lambda]\, dy = 0 \tag{1}$$

admet des solutions de la forme

$$(2) \qquad \varphi(x) = \varphi_0(x) + \lambda\varphi_1(x) + \ldots + \lambda^n\varphi_n(x) + \ldots,$$

φ_0 étant une solution donnée de l'équation (1) pour $\lambda = 0$. F est supposé développable suivant les puissances de $\varphi - \varphi_0$ et de λ. On trouve

$$(3) \qquad \varphi_n(x) - \int_0^1 K(x, y)\varphi_n(y)\,dy - \psi_n(x) = 0.$$

Si le déterminant Δ relatif au noyau K n'est pas nul, φ_n est bien déterminé. Si $\Delta = 0$, on a les conditions

$$(S_n) \qquad S_{n,i} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, \nu)$$

et φ_n dépend de ν paramètres $a_{n,1}, \ldots, a_{n,\nu}$. Les conditions (S_n) sont des équations entre $a_{1,1}, \ldots, a_{n-1,\nu}$. Leur discussion n'offre aucune difficulté. Les a_n sont en général déterminés par le système (S_{n+1}); il n'est jamais nécessaire de considérer un système d'indice supérieur à $kn + p$, k et p étant indépendants de n. On évite d'ailleurs tout calcul en remarquant que les équations

$$(\Sigma) \qquad \Sigma_i = \lambda S_{1,i} + \ldots + \lambda^n S_{n,i} + \ldots = 0$$

sont des équations ordinaires par rapport aux inconnues

$$\alpha_i = \lambda a_{1,i} + \ldots + \lambda^n a_{n,i} + \ldots$$

et peuvent remplacer les équations (5). Les α doivent être des fonctions holomorphes s'annulant pour $\lambda = 0$.

Pour établir la convergence du développement obtenu, on commence par écrire à la place de F l'expression $\dfrac{m}{\left(1 + \dfrac{\varphi - m}{r}\right)\left(1 + \dfrac{\lambda}{r'}\right)}$, où $m < r$; c'est une fonction majorante de F à un facteur constant près. A la place de φ_n on a une constante positive Φ_n, et le développement obtenu est convergent. Revenant à F, on établit facilement, quand $\Delta \neq 0$, que $\dfrac{|\varphi_n|}{\Phi_n}$ est inférieur au $n^{\text{ième}}$ terme d'une progression géométrique. Si $\Delta = 0$, le raisonnement reste valable si l'on suppose que les développements α_i convergent pour λ assez petit. Alors le développement (2) et celui du premier membre de (1) seront convergents. En multipliant ce dernier par certaines fonctions de x et intégrant, on trouve les expressions Σ_i, dont on voit ainsi qu'elles convergent pour $\lambda, \alpha_1, \ldots, \alpha_\nu$ assez petits. Le théorème d'existence des fonctions implicites montre alors que les expressions α_i sont bien convergentes.

Les équations (Σ) peuvent n'être pas distinctes; dans ce cas les $a_{n,i}$ peuvent être choisis arbitrairement pour certaines valeurs de i; il faut seulement que α_i converge pour ces valeurs. A cette restriction près, tout développement (2) vérifiant formellement l'équation (1) converge pour λ assez petit.

Les équations (Σ) peuvent avoir un nombre fini quelconque de systèmes de solutions distincts. Elles peuvent n'en avoir aucun, par exemple si les conditions (S_1) ne sont pas vérifiées. On cherchera alors des solutions de (1) développables suivant les puissances de $\mu = \lambda^{\frac{1}{p}}$, p prenant successivement les valeurs 2, 3, ...; il suffira de remplacer λ par μ dans (2) et par μ^p dans (1); ce nouveau problème est donc un cas particulier du précédent. Si l'on trouve une solution de cette forme, on en déduit évidemment $p-1$ autres.

MÉCANIQUE. — *Sur l'ébranlement des édifices.* Note [1] de M. **B. Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

L'expérience montre que des moteurs plus ou moins puissants, animés de grandes vitesses de rotation et qui ne sont pas bien équilibrés, par exemple certains moteurs Diesel, produisent dans les édifices voisins des ébranlements continuels très sensibles, de sorte que le séjour dans ces maisons devient fort pénible. En outre, surtout si le sous-sol est marécageux, il se produit avec le temps, le long des murs, des crevasses qui peuvent devenir très menaçantes pour la solidité même de l'édifice.

Dans ces derniers temps, j'ai eu l'occasion de faire, à Saint-Pétersbourg, une étude spéciale sur ce sujet, dans deux maisons qui se trouvaient dans le voisinage d'un moteur Diesel à quatre cylindres, d'une puissance de 200 chevaux-vapeur, et dont les murs accusaient déjà quelques crevasses assez inquiétantes.

Les sismographes ordinaires se prêtent très mal à ce genre d'études; c'est pour cela que j'ai construit dans ce but un appareil spécial, basé sur l'application d'un ressort plat en acier. Cet appareil devait réaliser les conditions suivantes : être simple et facile à manipuler, assez sensible, servir à l'étude des mouvements tant horizontaux que verticaux des édifices, et en donner la valeur *absolue*.

---

[1] Présentée dans la séance du 4 avril 1910.

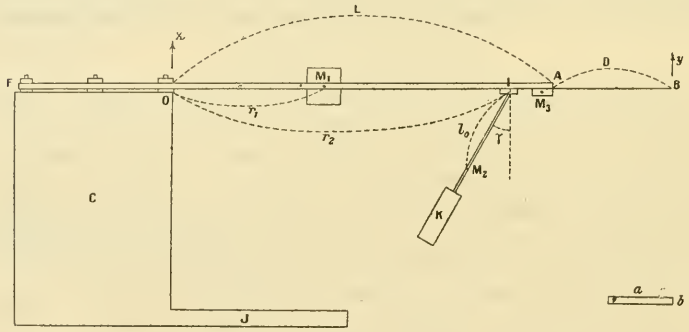
La figure ci-dessous donne un aperçu général de l'appareil.

CJ est un socle en fonte du poids de $82^{kg},4$. Sur la partie supérieure de ce socle se trouve fixée, entre des écrous, une lame plate en acier FA, dont la largeur est de $81^{mm},7$ et l'épaisseur $6^{mm},33$. Soient L la longueur libre de ce ressort et M la masse correspondante ($M = 2^{kg},596$).

Un poids M_1 de $3^{kg},265$ peut glisser le long de la lame FA, qui porte à sa partie supérieure une échelle divisée en centimètres, et être fixé à différentes distances r_1 de O, ce qui permet de varier la période propre T des oscillations de la lame.

K est une plaque en cuivre, attachée à la lame FA, qui peut se mouvoir entre les pôles d'un électro-aimant servant à amortir les mouvements propres du ressort.

Enfin AB = D est un stylet dont la pointe B enregistre le mouvement de la lame sur un cylindre tournant qui porte une feuille de papier couverte de noir de fumée.



Supposons maintenant que le plancher sur lequel l'appareil est installé oscille verticalement, et soit z le déplacement vrai du socle C de sa position d'équilibre; z peut être une fonction quelconque du temps t : $z = f(t)$.

Si nous désignons par y l'élongation de la pointe B de sa position normale, on trouve, en appliquant les méthodes de la théorie de l'élasticité et le principe de Lagrange, que y doit satisfaire à l'équation différentielle suivante :

$$y'' + 2\varepsilon y' + n^2 y + \sigma z'' = 0; \tag{1}$$

ε, n et σ sont trois constantes de l'appareil : ε dépend de l'amortissement,

n de la période propre de la lame sans amortissement $\left(n = \frac{2\pi}{T}\right)$, et σ est un facteur qui caractérise à un certain point la sensibilité de l'appareil.

n^2 et σ sont donnés par les formules suivantes :

$$n^2 = \frac{\varepsilon a b^3}{9 L^3 H_2}, \tag{2}$$

$$\sigma = \frac{2}{3}\frac{H_1}{H_2}\left(1 + \frac{3}{2}\frac{D}{L}\right), \tag{3}$$

$$H_1 = \frac{1}{4}M + M_1\rho_1 + M_2\rho_2\left(1 - \beta\frac{l_0}{r_2}\sin\gamma\right) + M_3\rho_3,$$

$$H_2 = \frac{11}{105}M + M_1\rho_1^2 + M_2\rho_2^2\left(1 - 2\beta\frac{l_0}{r_2}\sin\gamma + \beta^2\frac{l^2}{r_2^2}\right) + M_3\rho_3^2,$$

$$\rho_k = \left(\frac{r_k}{L}\right)^2\left(1 - \frac{1}{3}\frac{r_k}{L}\right) \quad \text{et} \quad \beta = 2\frac{1 - \frac{1}{2}\frac{r_2}{L}}{1 - \frac{1}{3}\frac{r_2}{L}};$$

l_0 est la distance du centre de gravité et l celle du cercle d'inertie de la masse M_2 au point I; ε est le module d'élasticité.

L'expérience montre que, sous l'influence de la marche d'un moteur Diesel, la pointe B décrit une sinusoïde singulière.

Posons, par suite,

$$y = y_m \sin\left(2\pi\frac{t}{T_p} + \varphi\right). \tag{4}$$

L'amplitude y_m et la période T_p peuvent être immédiatement déduites de la courbe correspondante.

On trouve alors facilement que le mouvement du plancher doit suivre aussi la même loi d'oscillation avec la même période T_p :

$$z = z_m \sin\left(2\pi\frac{t}{T_p} + \varphi_1\right). \tag{5}$$

En posant

$$\frac{T_p}{T} = u \quad \text{et} \quad \frac{\varepsilon}{n} = h,$$

on trouve facilement, pour l'amplitude z_m du mouvement cherché, l'expression très simple qui suit :

$$z_m = \frac{1}{\sigma} y_m \sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4\lambda^2 u^2}. \tag{6}$$

Cette formule permet, si l'on connaît les trois constantes de l'appareil (T, h et σ) qui, du reste, se laissent facilement déterminer, de calculer l'amplitude vraie du mouvement vertical du plancher.

Pour étudier les mouvements horizontaux, on n'a qu'à fixer la lame d'acier sur un des côtés du socle en fonte en la tournant de 90°. Les mêmes formules s'appliquent à ce cas. On peut ainsi étudier les mouvements de déplacement du socle suivant les trois axes de coordonnées.

Si les vibrations z_m sont assez intenses, il est avantageux d'introduire l'amortissement électromagnétique; mais si z_m est très faible, il est mieux de supprimer l'amortissement pour augmenter la sensibilité de l'appareil. Dans ce dernier cas h^2 sera très petit et l'appareil atteindra sa plus grande sensibilité quand u sera voisin de l'unité, c'est-à-dire quand la période propre de la lame sera presque en résonance avec la période du moteur Diesel.

On trouve en effet en déplaçant la masse M_1 le long de la lame FA, que l'amplitude y_m augmente, passe par un maximum et diminue ensuite.

En utilisant l'effet de résonance, cet appareil assez primitif comporte une très grande sensibilité et peut servir à la détermination de z_m avec une précision tout à fait suffisante, vu que l'erreur dans la valeur relative de z_m est seulement de l'ordre d'un micron ou, dans des conditions favorables, même d'une fraction de micron.

OPTIQUE. — *Sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement. Sources lumineuses en mouvement. Applications pratiques.* Note de M. **Dussaud**. (Extrait.)

Je me suis proposé de comparer des sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement à une source lumineuse fixe et connue.

Mes premières expériences ont été réalisées avec deux sources spéciales :

1° Une lampe électrique à incandescence de 100 bougies dont l'axe est horizontal et qui est formée de filaments de 2^{cm} de longueur. Ces filaments, placés dans des plans parallèles, sont orientés à intervalles angulaires égaux de manière que leurs lumières ne se cachent pas les unes les autres.

On fait tourner la lampe et les filaments incandescents donnent à l'observateur qui regarde la tête de la lampe la sensation d'un cercle de feu continu.

2° Une lampe électrique à incandescence de 100 bougies dont l'axe est encore horizontal et qui est formée de filaments de 2^{cm} de longueur. Ces filaments sont

disposés dans deux plans verticaux dont l'angle dièdre se trouve à la douille de la lampe, l'écart des plans à l'autre extrémité étant de 2^{cm}.

On donne à la lampe un mouvement de translation alternatif rapide et peu étendu, perpendiculaire au plan bissecteur de l'angle dièdre des plans verticaux; les filaments incandescents donnent l'impression d'un carré lumineux à l'observateur qui regarde la tête de la lampe.

Les mouvements de rotation dans le premier cas et de translation dans le deuxième cas ont pour objet de supprimer la vue diffusée des filaments et de leur substituer une surface lumineuse continue telle que celle qu'on obtient avec un verre dépoli lorsque l'emploi de ce verre n'occasionne pas une perte de lumière gênant le résultat qu'on veut atteindre.

J'ai comparé ces deux sources à un arc électrique.

J'ai pris un poste cinématographique ordinaire fonctionnant avec un arc de plus de 2000 bougies alimenté par un courant de 110 volts et 25 ampères; la dynamo était actionnée par un moteur à pétrole de 3 chevaux. A cause du danger d'inflammation des bandes de celluloïd, de l'énorme chaleur de l'arc, de la grande quantité de lumière qui tend à s'échapper de la lanterne et à gêner les projections, le cinématographe était installé comme à l'ordinaire dans la cabine de fer obligatoire; on sait que le condensateur ne recueille qu'une minime portion de la lumière de l'arc, la plus grande partie étant perdue pour la projection.

Avec l'arc j'avais obtenu une projection satisfaisante de 3^{m} de largeur environ; à côté de cette installation j'ai disposé sur une simple table un cinématographe identique; derrière la fenêtre de ce second cinématographe, j'ai placé successivement les lampes de 100 bougies que j'avais réalisées; elles m'ont donné une projection sensiblement égale à celle que me donnait l'arc de 2000 bougies.

Mes lampes étaient protégées latéralement par un tube de métal et, comme elles ne donnaient pas de chaleur dangereuse et incommodante, la lanterne, les condensateurs, la cuve à eau alunisée, la cabine en fer devenaient inutiles.

Mes lampes de 110 volts étaient branchées sur le courant du secteur ou, en son absence, sur des accumulateurs de 6^{dm^3} facilement transportables à la main et permettant 1 heure de projection; enfin un groupe électrogène de $\frac{1}{7}$ de cheval était suffisant pour alimenter mes lampes, alors qu'il fallait 3 chevaux-vapeur pour alimenter l'arc.

Il est très important de faire remarquer que l'absence de chaleur permet de ralentir à volonté le déroulement de la pellicule cinématographique ou même de l'arrêter pour étudier, en les fixant sur l'écran, les différentes phases d'un mouvement, ou de reposer l'œil sans interrompre le spectacle dans les moments où la pellicule ne représente que des objets au repos.

Les dispositions précédentes s'appliquent au cas où la surface à éclairer ne dépasse pas la surface de la lampe, comme dans le cas du cinématographe, de l'étude au microscope, mais mes lampes peuvent être appliquées

à tous usages avec un condensateur ou un réflecteur, par exemple aux phares.

J'ai étendu mes recherches à des sources d'énergie variées en imprimant un mouvement de rotation à une portion de parabole à laquelle je puis fixer à volonté soit une lampe à incandescence du commerce construite pour le maximum de lumière ou de chaleur, soit une sonnerie électrique, soit des sphères à décharges oscillantes; on a un renforcement des effets dans une direction perpendiculaire au plan de rotation.

PHYSIQUE. — *Rôle lubrifiant de l'air dans le frottement des solides. Frottement dans le vide.* Note de M. **F. Charron**, présentée par M. E. Bouty.

I. Lorsque deux corps glissent l'un sur l'autre, il y a, en général, un mutuel arrachement de particules, ce qui rend le phénomène complexe. Réservons l'expression de frottement pur au cas de deux corps, parfaitement polis, restant polis pendant le frottement.

Mais dans l'étude du frottement pur, un phénomène se présente, qui était masqué dans le cas du frottement ordinaire. On remarque une diminution progressive du coefficient de frottement quand la vitesse augmente, et celui-ci s'annule presque pour une certaine valeur de la vitesse que j'appellerai *vitesse critique*.

Cette diminution de frottement tient à une couche d'air qui s'interpose plus ou moins entre les deux corps en présence pour des vitesses inférieures à la vitesse critique, et qui les sépare complètement l'un de l'autre pour des vitesses égales ou supérieures.

Hirn [1] avait déjà remarqué, sans l'étudier ni préciser les conditions sous lesquelles elle se produit, cette action lubrifiante de l'air.

Mes expériences ont porté sur des échantillons, polis suivant une face plane, de cuivre, de fonte, de graphite, glissant sur une glace plane, nue ou argentée.

L'appareil se compose d'un disque en bonne glace de Saint-Gobain, mobile sans jeu autour d'un axe vertical. Ce disque tourne parfaitement plan : les images des objets extérieurs données par la glace restent fixes quand le disque tourne.

Un frotteur constitué par un des échantillons ci-dessus repose sur le disque et est

[1] *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1855.

attaché par deux fils fins et souples, formant un triangle, à une sorte de fléau de balance muni d'un amortisseur. Un jeu de petits miroirs et une lunette portant une échelle divisée permettent d'apprécier exactement les déplacements du fléau et d'en déduire la force de frottement.

Les vitesses des points du disque en contact avec le frotteur sont dirigées suivant la bissectrice des deux fils.

Avant chaque expérience, le disque était soigneusement nettoyé à l'alcool et, pendant l'expérience tout entière, un tampon de ouate frottait légèrement sur le verre, pour le maintenir exempt de poussières et enlever les parcelles du frotteur qui auraient pu s'y déposer.

La lunette était pointée sur le zéro de l'échelle, lorsque l'appareil était au repos, les fils non tendus. On chargeait le frotteur d'un poids connu et l'on faisait tourner le disque à faible vitesse. Soit 20 la nouvelle division de l'échelle au réticule de la lunette.

En augmentant progressivement la vitesse, on voyait la déviation diminuer et tomber au-dessous de 1, la force devenait si faible que les fils n'étaient plus tendus. Cette petite force qui agissait sur le frotteur n'était due qu'à la viscosité de la couche gazeuse qui le séparait du disque.

En plaçant une source lumineuse dans le plan du disque, on pouvait observer cette couche gazeuse et même mesurer son épaisseur au moyen d'une lunette munie d'un oculaire micrométrique. On constatait que, seulement pour des vitesses égales ou supérieures à la vitesse critique, elle séparait complètement le frotteur du disque. Son épaisseur n'était pas uniforme, mais plus grande à l'avant qu'à l'arrière. La valeur moyenne variait avec les conditions de l'expérience et pouvait atteindre quelques centièmes de millimètre.

La vitesse critique, définie ci-dessus, doit varier avec la nature et l'état du lubrifiant, ainsi qu'avec la charge et les formes géométriques du frotteur.

Avec un frotteur en graphite dont la base rectangulaire a 1^{cm^2} de surface, pesant $1^g,4$ et chargé de différents poids, j'ai trouvé les résultats suivants :

Charges en grammes-poids.	Vitesses critiques en centimètres par seconde.
1,4	192
2,4	262
3,4	290
6,4	437
11,4	770

Ces nombres ne doivent être considérés que comme une première approximation. La vitesse critique est assez difficile à évaluer. D'ailleurs le frotteur et le disque sont électrisés en sens contraire et leur attraction électrostatique s'ajoute au poids du frotteur.

II. *Frottement dans le vide.* — Puisque l'air agit d'une façon très sensible, comme lubrifiant, surtout avec de faibles charges par unité de sur-

face, il est opportun de se débarrasser de cette cause perturbatrice et d'étudier le frottement dans le vide.

J'ai fait construire une caisse en fonte ouverte en dessus; le contour en est soigneusement raboté. Une boîte à cuir étanche, traversée par un axe, permet de faire tourner le disque. Le dispositif décrit précédemment peut être logé à l'intérieur de la caisse, et une glace suiffée, posée sur l'encadrement raboté, ferme hermétiquement et laisse passer les rayons lumineux qui repèrent la position du fléau.

A mesure qu'on raréfie l'air dans le récipient, on remarque que le frottement varie de moins en moins avec la vitesse. Toutefois les variations sont encore très sensibles sous une pression de 2^{cm} à 3^{cm} de mercure avec le frotteur précédent chargé de 4^{g}. En poussant le vide jusqu'à 1^{mm}, au moyen d'une bonne machine à mercure, le coefficient de frottement a paru très sensiblement indépendant de la vitesse, ce qui confirme le rôle attribué à l'air dans la première partie de ce travail.

Je poursuis l'étude du frottement dans un vide plus parfait, ainsi que celle du rôle lubrifiant des divers gaz.

ÉLECTRICITÉ. — *Loi générale du rendement relative à un générateur ou à un récepteur avec branche dérivée. Cas des dynamos.* Note de M. E. **Haudié**, présentée par M. E. Bouty.

La loi du rendement de Siemens ne concerne que le cas simple d'un circuit unique. D'après cette loi, on n'obtient un bon rendement qu'à la condition de recourir à de faibles intensités, par suite de ne mettre en jeu que de faibles puissances; autrement dit, la loi de Siemens impose un travail lent.

D'autre part toute dynamo industrielle, par le fait même qu'elle comporte une branche dérivée, échappe à la loi de Siemens; elle donne effectivement, dans toutes les circonstances usuelles de son fonctionnement, des rendements élevés.

Pour rechercher ce que devient alors la loi du rendement, et pour dégager la forme générale sous laquelle elle est susceptible de s'exprimer, il convient d'envisager les différentes sortes de puissance utilisable, et de se placer dans toutes les conditions usuelles de fonctionnement d'une génératrice ou réceptrice avec branche dérivée. (D'ailleurs le cas d'un récepteur se ramène immédiatement à celui d'un générateur.)

Les résultats auxquels on parvient sont les suivants :

Pour tout *générateur* avec dérivation, et dans toutes les conditions de fonctionnement, le rendement part de zéro quand l'intensité débitée est la plus faible possible, et passe ensuite par un maximum dont il est toujours possible de calculer les éléments.

On désignera par R la résistance du circuit extérieur, par r' la résistance de la branche dérivée, par r la résistance intérieure de la branche génératrice, et l'on posera

$$r + r' = p, \qquad R + r' = q.$$

A. *Puissance extérieure disponible.* — 1° Quand l'élément constant est la force électromotrice E, le rendement maximum a lieu pour une intensité totale débitée I, telle que

$$I = \frac{E}{\sqrt{r(r+r')}} \qquad \text{ou} \qquad I = \frac{E}{\sqrt{pr}};$$

et ce rendement a pour expression

$$\eta = 1 - \frac{2}{r'}\left[\sqrt{r(r+r')} - r\right] \quad (^1),$$

ou

$$\eta = \left(\sqrt{1 + \frac{r}{r'}} - \sqrt{\frac{r}{r'}}\right)^2, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \eta = \left(\sqrt{\frac{p}{r'}} - \sqrt{\frac{r}{r'}}\right)^2.$$

Dans le cas où il s'agit, non d'une dynamo en simple dérivation, mais d'une compound en longue dérivation, r représente la somme des résistances r_1 et r_2 de l'induit et de l'inducteur-série.

2° Quand l'élément maintenu constant est la différence de potentiel aux bornes e, les expressions, comme il était à prévoir, sont exactement les mêmes, si E représente toujours la force électromotrice correspondante.

En fonction de e, on aurait

$$I = \frac{e}{r'}\left(\sqrt{\frac{p}{r}} + 1\right).$$

B. *Puissance utilisable sous forme chimique ou mécanique.* — Quand on envisage seulement la fraction de la puissance extérieure apparue sous la forme chimique ou mécanique, on trouve encore que les expressions demeurent les mêmes, que l'élément

---

(1) L'existence d'un maximum de rendement dans ce cas a été établie par Lord Kelvin qui s'est borné à une expression approchée du rendement. L'expression rigoureuse est due à P. Silv. Thompson (*Mach. dyn. électr.*, 3e édit. fr., 1900, p. 191) qui s'est arrêté à la forme

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{r'}\left[\sqrt{r(r+r')} + r\right]}.$$

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE LIBRARY

constant soit la force électromotrice E ou la différence de potentiel e aux bornes du générateur. Dans l'un et l'autre cas, le rendement maximum a lieu pour une intensité totale

$$(a) \qquad I = \frac{qE}{\sqrt{pq(pq - r'^2)}};$$

et il a lui-même pour expression

$$(b) \qquad \eta = \frac{(\sqrt{pq} - \sqrt{pq - r'^2})^2}{r'^2}.$$

On peut obtenir également l'expression directe de I en fonction de e.

Pour revenir au cas précédent, il suffit naturellement de supposer $R = 0$; effectivement les expressions (a) et (b) se réduisent bien alors aux précédentes, qui n'en sont par suite qu'un cas particulier.

C. *Puissance disponible à l'extrémité d'une ligne.* — Ce cas revient exactement au précédent, sauf dans le cas de la dynamo hypercompound, c'est-à-dire quand la différence de potentiel maintenue constante est la différence de potentiel à l'extrémité de la ligne.

Dans ce cas, le calcul conduit encore, pour l'intensité I et le rendement maximum, aux mêmes expressions (a) et (b).

On peut remarquer que ce cas est en même temps celui de la dynamo compound en courte dérivation avec différence de potentiel constante aux bornes, la résistance de l'inducteur-série jouant alors le rôle de la résistance de la ligne.

Le cas d'un *récepteur* se ramène à celui d'un générateur.

On voit sans peine qu'un moteur avec dérivation revient au cas d'un générateur (B), la différence de potentiel aux bornes du récepteur jouant le rôle de la force électromotrice du générateur.

Il suffit pour cela, dans le cas d'un moteur en simple dérivation, ou compound en longue dérivation, de supposer $r = 0$, et d'attribuer à R une signification inverse, celle d'une résistance intérieure, la résistance de la branche de l'induit comprise entre les deux extrémités de l'excitation dérivée. R doit donc être remplacé par E, c'est-à-dire $r_1 + r_2$ dans le cas du moteur compound.

Dans le cas du moteur compound en courte dérivation, on doit prendre $r = r_2$; quant à R, qui conserve la même signification, il doit alors être remplacé par r_1.

Les calculs directs confirment rigoureusement ces prévisions.

De sorte que pour tout générateur ou récepteur, la présence d'une branche dérivée détermine une transposition complète de la loi du rendement électrique.

Le rendement maximum n'est plus du tout, comme dans le cas d'une génératrice ou d'un moteur simple, un rendement limite dont on ne peut s'approcher qu'en ayant recours à des intensités de plus en plus faibles.

Tout au contraire, *le rendement est nul quand l'intensité débitée ou absorbée*

est la plus faible possible. Et c'est pour l'intensité finie

$$I = \frac{qE}{\sqrt{pq(pq - r'^2)}}$$

que le rendement est maximum et atteint la valeur

$$\eta = \frac{(\sqrt{pq} - \sqrt{pq - r'^2})^2}{r'^2}.$$

Telle est la raison pour laquelle il est si aisé d'obtenir industriellement de bons rendements. La loi n'est plus du tout celle de Siemens. Un rendement élevé ne suppose plus un travail lent.

D'ailleurs, avec les données numériques usuelles des dynamos, ce maximum est loin d'avoir lieu pour de faibles intensités; en outre, il est très peu accusé; de sorte que, dans de très larges limites, le rendement variant peu, les expressions précédentes donnent immédiatement les valeurs approchées des rendements industriellement réalisés.

La loi de la puissance maxima de Jacobi se prête de la même manière à une généralisation analogue.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure des très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression.* Note de MM. **C.-E. Guye** et **A. Tscherniavski**, présentée par M. Villard.

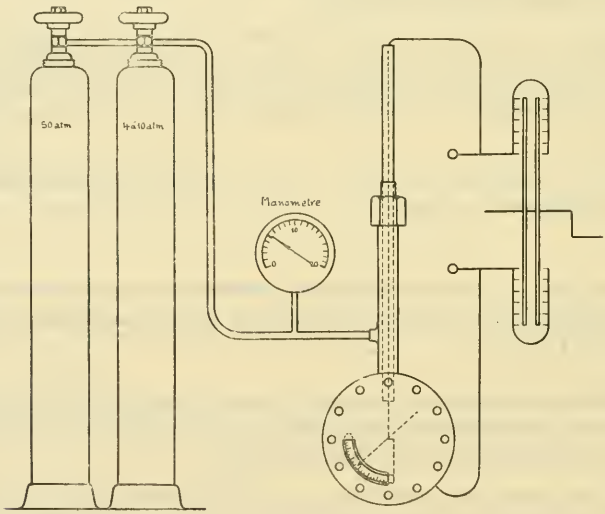
La mesure des très hauts potentiels présente, comme on sait, de grandes difficultés, particulièrement lorsque les sources d'électricité dont on dispose ont un faible débit (machines électrostatiques).

Dès qu'on atteint 40000 volts environ, les aigrettes apparaissent généralement de toute part et limitent rapidement le potentiel qu'il est possible d'atteindre. En outre, la distance que franchit l'étincelle disruptive augmentant très rapidement, on est obligé d'éloigner toujours davantage les pièces mobiles entre lesquelles, dans un électromètre, agit la différence de potentiel et s'exercent les actions électrostatiques. On est ainsi forcément conduit à l'emploi d'appareils volumineux et peu précis. Cette imprécision peut, en outre, être accrue par l'action du vent électrique qui s'échappe des pièces mobiles saillantes.

Nous avons évité totalement ces inconvénients en plaçant l'électromètre dans une boîte résistante, à l'intérieur de laquelle on peut introduire un gaz

comprimé. L'avantage qui résulte de ce dispositif peut être évalué, approximativement [1], par la loi de Paschen $V = f\left(\frac{pd}{T}\right)$; V potentiel disruptif, p pression du gaz, d distance des pièces entre lesquelles agit la différence de potentiel, T température absolue du gaz.

Pour une même différence de potentiel, on pourra donc rapprocher d'autant plus les pièces mobiles que la pression du gaz sera plus élevée, et cette diminution de distance aura pour effet d'augmenter très rapidement l'intensité des actions électrostatiques, c'est-à-dire la sécurité des indications de l'appareil.



Electromètre.

On remarquera que la constante de l'instrument est à peu près indépendante de la pression du gaz.

La constante diélectrique des gaz comprimés est, en effet, régie par la relation de

(1) En toute rigueur, la loi de Paschen ne s'applique qu'au cas d'un champ uniforme, entre deux plateaux parallèles, par exemple.

Maxwell $K = n^2$ et par conséquent par celle de Lorentz $\frac{n^2 - 1}{\delta}$ = constante. La correction qui en résulte jusqu'à 10^{atm} est en général négligeable.

Il n'est donc pas nécessaire de mesurer la pression, il suffit de la maintenir assez élevée pour empêcher la décharge disruptive et les aigrettes à l'intérieur de l'appareil. Enfin, lorsque l'appareil est muni d'un amortisseur à air, on peut régler convenablement cet amortissement en faisant varier la pression du gaz.

En résumé, les avantages sont : 1° *suppression des effluves, des aigrettes et du vent électrique ;* 2° *rapprochement des pièces entre lesquelles s'exercent les actions électrostatiques et augmentation de l'intensité de ces actions ;* 3° *constante de l'appareil à peu près indépendante de la pression du gaz ;* 4° *amortissement facilement réglable.*

La figure ci-contre représente le schéma employé pour la mesure de la tension d'une machine Wimshurst, au moyen d'un électromètre de Braun. L'appareil une fois gradué avec un électromètre absolu pour un potentiel de 20 000 volts environ, on peut à volonté changer sa sensibilité par l'adjonction d'une petite surcharge p (feuille de platine) placée à une distance connue de l'axe de rotation de l'aiguille. Ce dispositif nous a permis de mesurer sans difficulté 80 000 volts (tension d'une machine Wimshurst de faible débit), avec une pression de 4^{atm} à 9^{atm}. On peut espérer l'utiliser pour la mesure de tensions beaucoup plus élevées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse magnéto-chimique des terres rares.* Note de M. G. **Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Dans les séparations des terres rares, il est nécessaire de contrôler de temps en temps le progrès des séparations. Qualitativement, on y parvient par l'étude des spectres, mais au point de vue quantitatif, la seule méthode générale est la détermination des poids atomiques. Quand il s'agit de corps voisins dont les poids atomiques diffèrent peu, une très haute précision devient nécessaire. Des mesures de poids atomiques au millième sont déjà difficiles à réaliser et, dans ces conditions, la composition de tels mélanges n'est donnée qu'avec une précision insuffisante.

Pour obtenir une différentiation quantitative plus précise, il y a avantage à s'adresser à une propriété dont la grandeur varie beaucoup plus d'un terme à l'autre de la série que celle des poids atomiques. Tel est le cas pour les coefficients d'aimantation qui d'une terre à l'autre varient dans des propor-

tions considérables, ainsi que cela résulte des recherches de M. Stephan Meyer qui a le premier attiré l'attention sur l'application qui fait l'objet de cette Note et de celles que M. Jantsch et moi avons faites ensuite. (Stephan Meyer, *Sitz. Ber. Wien. Akad.*, 23 janvier 1902; G. Urbain et Jantsch, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1216.)

La balance magnétique de P. Curie et Chéneveau convient parfaitement à ce genre de mesures. On peut opérer soit sur des solutions, soit sur des sels solides. Il est particulièrement commode de faire porter les mesures sur les oxydes provenant d'une calcination récente des oxalates. C'est en effet à cette forme que les terres rares sont constamment ramenées dans les traitements.

Pour pouvoir appliquer cette méthode à l'analyse de mélanges de terres rares, il fallait d'abord déterminer suivant quelle loi le magnétisme varie en fonction de la composition. Les expériences ont porté sur divers mélanges obtenus par voie chimique à partir des corps purs. Les résultats de chaque série d'expériences ont pu être représentés par des droites. Avec les oxydes l'écart n'a jamais dépassé le trentième et, avec des dissolutions suffisamment concentrées, on peut obtenir une précision de l'ordre du cinquantième. L'expérience a montré qu'en prenant les moyennes de plusieurs mesures, la méthode magnétique permet de déterminer la composition d'un mélange de deux terres voisines à deux ou trois centièmes près.

Si l'on considère qu'une mesure de coefficient d'aimantation se fait en quelques minutes alors qu'une mesure de poids atomique au millième exige plusieurs jours de travail pour donner finalement des résultats beaucoup moins précis, on comprendra l'immense avantage que présente la nouvelle méthode dans des recherches rendues déjà très pénibles par la difficulté des réparations.

La combinaison des deux méthodes présente dans certains cas pour la recherche un grand intérêt. On peut ainsi interpréter certaines particularités que présentent les traitements, pour lesquelles l'étude toujours délicate des spectres ne pourrait donner que des indications qualitatives.

L'exemple suivant qui se rapporte aux termes de mes fractionnements compris entre le dysprosium et l'yttrium fera ressortir l'intérêt que présente la combinaison des deux méthodes.

En admettant que ces terres ne renferment que du dysprosium et de l'yttrium, il est facile de calculer le magnétisme correspondant à chaque valeur des poids atomiques. On peut ainsi tracer une courbe théorique et

lui comparer la courbe expérimentale :

Numéros des fractions.	Poids atomique.	$\chi \cdot 10^6$ calculé.	$\chi \cdot 10^6$ trouvé.	Δ.
43.....	162,0	299	302	+ 3
45.....	161,8	298	296	+ 2
47.....	160,9	296	284	—12
49.....	152,6	274	263	—11
51.....	125,0	184	153	—31
53.....	96,1	45,0	45,5	+ 0,5
55.....	91,2	14,5	16,0	+ 1,5
57.....	89,7	4,68	7,35	+ 2,67
59.....	89,1	0,67	3,44	+ 2,77

Si l'on néglige les deux premières valeurs trouvées qui se confondent pratiquement avec les valeurs calculées, on constate pour les fractions comprises entre 47 et 51 un excès très notable des nombres calculés sur les nombres trouvés. Cet excès est dû à la présence du holmium qui s'accumule en effet dans cette partie du fractionnement. Par contre, on constate pour les fractions comprises entre 55 et 59 un excès de signe contraire entre les valeurs trouvées et les valeurs calculées. Cette différence est attribuable à une petite quantité d'erbium. L'yttria pure est légèrement diamagnétique; j'ai admis dans le calcul que ce diamagnétisme était négligeable.

Cette méthode permet donc de s'assurer si dans les fractions intermédiaires d'une séparation de deux corps considérés comme voisins, il n'existe pas d'autres corps dont la présence n'aurait pas été révélée par l'observation des spectres.

THERMOCHIMIE. — *Détermination des quantités de chaleur dégagées lors de l'addition du brome à quelques substances non saturées.* Note de M. **W. Louguinine**, présentée par M. Jungfleisch.

Nous avons, dans une série de Mémoires publiés en collaboration avec M. Kablukoff [1], décrit une méthode permettant de mesurer directement les chaleurs d'addition du brome à quelques substances non saturées et indiqué les résultats relatifs à plusieurs de ces corps. J'ai cherché, par la suite,

[1] *Journal de Chimie physique*, t. IV, p. 209-221, 489-506; t. V, p. 186-202.

à étendre ces déterminations à un plus grand nombre de substances. Je me suis heurté, dans cette voie, à des obstacles tels que la lenteur de réaction ou la substitution trop forte du brome à l'hydrogène. J'ai pu toutefois, malgré ces difficultés, étendre la méthode à six substances nouvelles. Ce sont les résultats relatifs à ces corps que je publie aujourd'hui.

Le solvant employé a été, dans tous les cas, le tétrachlorure de carbone, le brome (8^g environ) était lui-même dilué de son poids environ du même solvant. Le dispositif expérimental restait le même que dans mes anciennes expériences. Les corrections de température n'ont dépassé que rarement 3 pour 100 de l'élévation totale de température du calorimètre.

Les substances utilisées, dont je n'indique pas spécialement l'origine, provenaient de la manufacture de Kahlbaum. Elles ont été soigneusement purifiées et analysées. Je dois ici remercier M. A. Meyer qui a bien voulu se charger de cette partie du travail et y a apporté le plus grand soin.

A. Les résultats obtenus ont été les suivants :

I. *Caprylène*. — Le caprylène secondaire, utilisé dans ces expériences, bouillait à 122°-123°. Deux expériences nous ont donné respectivement $28\,366^{cal}$ et $28\,446^{cal}$, soit, en moyenne, $28\,406^{cal}$ par molécule-gramme pour la réaction :

$$C^5H^{11} - CH = CH - CH^3 + Br^2 = C^5H^{11} - CHBr - CHBr.CH^3 \ldots \quad +28\,406^{cal}$$

Le brome dégagé sous forme d'acide bromhydrique était inférieur à 0,5 pour 100 du brome employé.

II. *Styrolène*. — Ce liquide bouillait à 54°-55° sous 28^{mm}. J'ai obtenu dans deux expériences, respectivement $23\,935^{cal}$ et $24\,072^{cal}$, soit, en moyenne, $24\,003^{cal}$ par molécule-gramme de brome ; et l'on peut écrire la réaction :

$$C^6H^5 - CH = CH^2 + Br^2 = C^6H^5 - CHBr - CH^2Br \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +24\,003^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 0,3 pour 100 du brome employé.

III. *Cyclohexène*. — Ce corps, obtenu par la déshydratation du cyclohexanol, bouillait à 83°-84° sous 762^{mm}. Deux expériences m'ont donné $28\,910^{cal}$ et $29\,104^{cal}$, soit, en moyenne, $29\,007^{cal}$ par molécule-gramme pour la réaction :

$$C^6H^{10} + Br^2 = C^6H^{10}Br^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad +29\,007^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 1 pour 100 du brome employé.

IV. *Méthylcyclohexène*-1.3. — Produit par la déshydratation du *p*-méthyl-

cyclohexanol, il bouillait à 102°-102°,5 sous 755^{mm}. J'ai obtenu dans deux expériences les nombres 29177^{cal} et 29199^{cal}, soit, en moyenne, 29188^{cal} par molécule-gramme dans la réaction qui peut se formuler :

$$CH^3-C^6H^9+Br^2=CH^3-C^6H^9Br^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +29188^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 1,5 pour 100 du brome employé.

V. *Phénylpropiolate d'éthyle.* — Ce corps, produit par éthérification de l'acide phénylpropiolique, bouillait à 137°-138° sous 13^{mm}. Deux expériences ont donné comme résultat : 29184^{cal} et 29056^{cal} soit, en moyenne, 29120^{cal} pour la réaction :

$$C^6H^5-C\equiv C-CO^2-C^2H^5+Br^2=C^6H^5-CBr=CBr-CO^2-C^2H^5 \ldots \quad +29120^{cal}$$

On n'a pu déceler que des traces d'acide bromhydrique.

VI. *Pulégone.* — Ce liquide bouillait à 102°-103° sous 15^{mm}. Il m'a donné, dans deux expériences : 21982^{cal} et 21811^{cal}, soit, en moyenne, 21897^{cal} par molécule-gramme de brome fixé. La réaction peut s'écrire :

$$C^{10}H^{16}O+Br^2=C^{10}HO^{16}Br^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +21897^{cal}$$

Le brome substitué était, ici encore, inférieur à 0,3 pour 100 du brome employé.

B. Tous les nombres donnés ci-dessus sont relatifs aux corps dissous dans le tétrachlorure de carbone. Si l'on veut passer aux chaleurs dégagées par les réactions entre les corps à l'état pur, les corrections sont négligeables quand il s'agit de corps liquides. Seul le styrolène, parmi les corps étudiés dans cette Note, donne un bromure solide.

En conséquence, la chaleur de dissolution du bromure de styrolène dans le tétrachlorure de carbone a été déterminée et trouvée égale à — 5415^{cal}. Il s'ensuit que la chaleur de fixation du brome sur le styrolène à l'état pur serait 24003 + 5415 = 29418^{cal}.

C. *Conclusions.* — En rapprochant ces résultats de ceux de mes précédents Mémoires, on constate les faits suivants :

1° Le nombre trouvé pour le *caprylène* est très voisin des nombres déjà trouvés pour ses homologues : il se place entre celui relatif au *triméthyléthylène* (double liaison entre un carbone tertiaire et un carbone secondaire) et celui relatif à l'*hexylène* (double liaison entre un carbone primaire et un secondaire).

2° Pour les carbures cycliques éthyléniques, les nombres trouvés sont notablement plus forts que ceux relatifs aux carbures gras correspondants.

3° Conformément encore aux résultats déjà acquis, la présence d'un groupe cétonique, dans la *pulégone*, abaisse notablement la chaleur dégagée par la fixation du brome sur la double liaison.

4° Enfin le cas intéressant d'un éther-sel acétylénique nous donne, pour la fixation d'une seule molécule de brome, un nombre tout à fait comparable à ceux relatifs aux carbures éthyléniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air.* Note de M. **E. Rohn-Abrest**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai indiqué en 1905 (¹) quelques résultats obtenus en chauffant dans l'air la poudre d'aluminium. J'ai depuis repris cette étude.

Lorsqu'on introduit dans un tube de porcelaine chauffé électriquement des nacelles renfermant de la poudre d'aluminium, on constate que celles-ci augmentent de poids. L'augmentation dépend des conditions de l'expérience. J'ai décrit antérieurement les modifications d'aspect présentées par la poudre d'aluminium au cours d'un chauffage prolongé pendant 10 minutes.

En multipliant les expériences entre 500 et 800, on observe un point singulier dans le tracé obtenu en prenant pour coordonnées la température et l'augmentation de poids subi par la nacelle. Cette augmentation est due à une fixation d'oxygène et d'azote en proportions variables. Le Tableau suivant permet de se rendre compte de la marche de la fixation :

Températures.	Augmentation de poids pour 100 de matière première.	Azote fixé.	Oxygène fixé.
540°	2,9	Traces	2,9
610 (point singulier)	6,0	Traces	6,0
680	4,6	0,18	4,42
710	4,3	0,53	3,77
740	5,2	1,3	3,90
810	4,1	0,56	3,54
890	11,6	5,68	5,92
925	12,7	6,30	6,40
1125	34,3	22,90	11,80

Durée de chauffage : 10 minutes.

(¹) *Comptes rendus*, juillet 1905. — Voir aussi Pionchon, *Comptes rendus*, 1893.

Ainsi, à 600°, il y a un maximum relatif de fixation d'oxygène et pas de fixation d'azote. Lorsqu'on prolonge la durée du chauffage de la poudre à cette température, on constate qu'au bout de 2 heures la fixation totale d'oxygène correspond à 8,80 pour 100 de la matière première. Le produit obtenu possède alors une fixité remarquable. En prolongeant le chauffage, même pendant plusieurs heures, il ne subit plus de changement de poids. Il se présente sous l'aspect d'un mélange de particules brillantes et de grains oxydés.

Pour doser la quantité d'aluminium métallique restant dans le mélange partiellement oxydé, j'ai soumis celui-ci à l'attaque du gaz chlorhydrique pur et sec, en employant la méthode décrite antérieurement [1]. On constate que les particules métalliques existant dans la masse disparaissent peu à peu du mélange pour donner un chlorure d'aluminium anhydre qui se sublime dans l'appareil.

La matière non attaquée par le gaz chlorhydrique et restant dans la nacelle est constituée par un oxyde anhydre inerte vis-à-vis des acides, ayant les caractères de l'alumine sans en avoir la composition (pour 16 d'oxygène, métal = 23,95).

Le chlorure obtenu par attaque de la partie métallique n'a pas la composition du chlorure $AlCl^3$: tandis que celui-ci exige un *rapport* d'aluminium au chlore égal à 0,2548, on trouve, pour le chlorure provenant du métal inoxydé existant encore dans la poudre chauffée pendant 10 minutes à 600°, un rapport de métal au chlore qui est de 0,2630, soit de 4 pour 100 plus riche en métal que le chlorure $AlCl^3$. Ajoutons que des morceaux d'aluminium pur attaqués par la méthode au gaz chlorhydrique donnent un rapport $\frac{Al}{Cl}$ égal à 0,2560.

En résumé donc, à 600°, la poudre s'oxyde partiellement, sans fixation d'azote. L'oxydation atteint très rapidement sa limite (8,8 pour 100). L'oxyde formé, bien qu'inerte vis-à-vis des acides comme l'alumine ordinaire, n'a pas la composition de celle-ci, et la partie inoxydée du métal mis en expérience conduit à un chlorure dont la formule n'est plus celle du chlorure d'aluminium connu.

A 800° [2], les phénomènes observés sont différents; l'oxydation continue même après 6 heures de chauffage. La fixation d'azote est notable; cependant, lorsque le contact avec l'air est suffisant, il n'y a plus d'azote dans le produit ayant été chauffée pendant 4 heures environ.

A 1100°, les oxydations et l'azotation de la matière sont des plus intenses; au bout de 6 heures de chauffage, la poudre ne renferme plus d'aluminium

---

(1) *Comptes rendus*, 1909; *Bull. Soc. chim.*, 1909.

(2) C'est à 800° que, lors d'un chauffage brusque d'une poudre non encore chauffée préalablement, on isole les globules métalliques dont j'ai révélé antérieurement l'existence et fait l'étude depuis.

métallique et son poids reste sensiblement constant lorsqu'on continue à chauffer à la même température de 1100°.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

Durée du chauffage.	Poudre à 600°. Augmentation pour 100 de matière première.	Poudre à 600°. Azote.	Poudre à 800°. Augmentation pour 100 de matière première.	Poudre à 800°. Azote.	Poudre à 1100°. Augmentation pour 100 de matière première.	Poudre à 1100°. Azote.
10 minutes....	6	Néant	7	0,33	34,5	22,50
1 heure.....	8	»	15	»	41,0	»
2 heures.....	8,80	»	27,2	Traces	50,0	12,90
3 »	8,80	»	29,5	»	52,5	»
4 »	8,80	»	32,0	»	57,5	»
5 »	8,80	»		»	62,5	»
6 »	8,80	»		»	65,5	10,00

La lecture de ce Tableau montre qu'au-dessus de 800° il y a fixation simultanée d'oxygène et d'azote, et en même temps déplacement de l'azote par action prolongée de l'oxygène de l'air (à la pression atmosphérique). Afin de vérifier directement ce point important, j'ai préparé de la poudre d'aluminium saturée d'azote pour la soumettre à l'action de l'air. La poudre d'aluminium possède pour l'azote une très grande affinité, alors que celle-ci est presque nulle dans les mêmes conditions pour l'aluminium en morceaux. Voici les résultats observés par chauffage direct pendant 10 minutes de la poudre dans une atmosphère d'azote exempt d'oxygène et sec.

Température.	Azote.	Observations.
540°	Traces	Poudre noire, globules métalliques.
710	Traces	» » »
750	2 pour 100	» » plus abondants et plus grands.
800	5 pour 100	» » »
875	8,45	» » petits et ternes.
890	10,86	» » »
925	12,21	» les globules ont disparu.

En prenant les précautions nécessaires pour éviter l'action de l'humidité sur la poudre, j'ai préparé par chauffage direct dans l'azote vers 900° une poudre *saturée d'azote* ne renfermant que de faibles proportions d'oxyde. Cet azoture est gris foncé; il est stable dans l'azote, même vers 1100°. J'en indiquerai ultérieurement les propriétés.

Cet azoture n'a pas la composition de l'azoture actuellement connu

AlAz dont le rapport aluminium à azote est de 1,92. Le rapport est, pour l'azoture nouveau obtenu, de 2,14.

Cet azoture inférieur qui, à mon avis, n'est pas un corps défini, lorsqu'on le chauffe à l'air, se transforme en oxyde. Le déplacement d'azote commence à 800°; il augmente avec la température. A 1100°, le déplacement est proportionnel à la durée du chauffage.

Durée du chauffage.	Azote déplacé.
10 minutes	16,5
1 heure	58,8
2 heures	100,0

Le produit obtenu, après départ complet de l'azote, renferme moins d'oxygène que ne l'exige la formule de l'alumine Al^2O^3. C'est un produit blanc, inerte, ayant l'aspect de l'alumine calcinée (1).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cémentation des aciers au silicium.* Note de M. L. **Grenet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le silicium, comme on le sait, favorise dans les fontes la séparation du carbone à l'état de graphite et s'oppose à la cémentation des aciers. Nous avons cru intéressant de reprendre l'étude de la cémentation des aciers au silicium en variant la nature des céments employés. Nous avons procédé par comparaison entre un acier au silicium à 3 pour 100 de ce corps et un acier doux de cémentation ordinaire. Les compositions de ces aciers étaient les suivantes :

	Carbone.	Silicium.	Manganèse.	Phosphore.	Soufre.
Acier de cémentation.	0,09	0,11	0,27	0,015	Traces
Acier au silicium.....	0,05	3,20	0,19	0,030	0,020

La cémentation a été effectuée entre 950° et 1000° dans les trois céments suivants :

A. *Charbon de bois de chêne préalablement calciné.* — Durée de cémentation, 12 heures. Les échantillons étaient placés dans un tube d'acier fermé aux deux extrémités par des tampons d'argile.

B. *Charbon de bois de chêne non calciné.* — Mêmes conditions que pour l'expérience précédente.

(1) Il eût été trop long d'indiquer dans cette Note les détails des analyses. On les trouvera dans le Mémoire en préparation.

C. *Prussiate jaune de potasse.* — L'échantillon était placé dans une capsule de porcelaine enfermée elle-même dans une boîte en acier lutée. Durée de l'opération, 6 heures. Toutes les 2 heures on remettait de nouvelles quantités de prussiate.

Voici les résultats du dosage de carbone sur une couche superficielle de $0^{mm},5$ d'épaisseur enlevée après cémentation :

	A.	B.	C.
Acier de cémentation.....	0,85	1,00	1,43
Acier au silicium.....	0,09	0,17	1,05

Les aciers au silicium ne se cémentent donc pas en présence de céments suffisants pour l'acier sans silicium, mais ils se cémentent bien au contraire dans le prussiate jaune qui se décompose à la température des expériences en donnant du cyanure de potassium.

Ce fait donne la justification d'une pratique en usage dans certains ateliers, qui consiste à cémenter la fonte grise avec des produits dégageant des cyanures. C'est d'ailleurs la connaissance de ce traitement qui nous a engagé à faire les expériences rapportées ici.

Les deux échantillons cémentés, refroidis lentement dans leur cément et soumis à un examen métallographique, n'ont pas présenté trace de graphite. L'acier à 1,05 de carbone et 3,20 pour 100 de silicium ainsi obtenu par cémentation est assez stable pour pouvoir être chauffé à 800° pendant un quart d'heure hors de son cément sans apparition de graphite. Trempé à cette température, il devient dur et raye le verre, comme les aciers sans silicium de même teneur en carbone.

En résumé, nous avons cru intéressant de montrer que des aciers ne se cémentant pas pratiquement dans le charbon de bois, se cémentent au contraire très bien dans les produits cyanurés. Cela conduit à supposer que les éléments gazeux interviennent dans l'équilibre de solutions solides carburées.

CHIMIE. — *De l'action réductrice des formiates alcalins sur certains composés minéraux.* Note de M. **Vournasos**, présentée par M. H. Le Chatelier. (Extrait.)

En poursuivant mes recherches sur l'action réductrice des formiates alcalins, j'ai obtenu avec l'azoture de bore, du bore amorphe et le dégagement d'un mélange d'hydrogène, de gaz ammoniac et de borure d'hydrogène.

La proportion de ce dernier peut s'élever à 1,5 pour 100. Le mélange brûle avec une flamme verdâtre; il colore en noir les bandes de papier imprégnées de nitrate d'argent ou de sulfate de cuivre. Les borates et métaborates ne sont pas réduits.

Les tentatives faites pour obtenir des composés hydrogénés du bismuth et du zinc ont échoué.

La plupart des composés métalliques sont réduits en donnant le métal pur. Parmi les plus intéressantes de ces réductions on peut signaler celles des tungstates, molybdates, vanadates et uranates alcalins, et celles des chlorures des mêmes métaux.

Ce mode de réduction appliqué aux composés du mercure donne un procédé très sensible pour la recherche toxicologique de ce métal. On chauffe la matière avec du formiate de sodium pur. Le gaz hydrogène chargé de vapeurs de mercure est enflammé à la sortie d'un tube de dégagement étroit et sa flamme est écrasée contre une plaque de porcelaine dépolie. On obtient une tache noire présentant tous les caractères du mercure.

Dans le cas où l'on fait ces expériences de réduction avec des azotates métalliques, on peut avoir des explosions violentes.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Phénomènes de transport électrique dans les solutions de certaines matières colorantes.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

On sait que le transport électrique est le déplacement de certains colloïdes en fausses solutions dans un liquide, sous l'influence d'un champ créé par deux électrodes plongeant dans ce liquide.

J'ai constaté les faits suivants, en étudiant ce phénomène dans des solutions aqueuses de matières colorantes artificielles de constitution chimique connue.

Appareil :

J'ai employé des tubes de verre en U, de hauteurs variables, mesurant 16^{mm} de diamètre intérieur, contenant les solutions colorées. Dans la solution plongeait, dans chaque branche du tube, une électrode constituée par un fil de platine de 3^{mm} de diamètre, immergée de 1^{cm} dans la solution colorée; un petit index de benzine de 1^{cm} de hauteur, recouvrant le liquide coloré, permettait de suivre dans chaque branche les dégagements gazeux provenant de la surface de la solution.

Un courant continu, de ville, était relié aux deux électrodes; des résistances permettaient de faire varier le voltage. Le dissolvant étant de l'eau distillée, et les solutions

très étendues, le courant passant dans le liquide était extrêmement faible; son intensité, mesurée par l'ampèremètre, a toujours été maintenue inférieure à 1 milliampère, en réglant la distance des électrodes par la longueur de la colonne liquide interposée.

Dans ces conditions, l'électrolyse a été réduite à une très faible valeur.

Un appareil semblable permet, après 1 heure d'action, d'obtenir des phénomènes de transport avec le noir de fumée, l'alumine et la silice gélatineuses, en suspension dans l'eau distillée.

MATIÈRES COLORANTES EXPÉRIMENTÉES :

Nitrées : acide picrique, jaune naphtol, jaune naphtol S.

Monoazoïques : orangé II.

Disazoïques : rouge congo, noir diamine BH, bleu diamine 3R.

Trisazoïques : rouge de Saint-Denis, vert diamine.

Dérivés du triphénylméthane : vert malachite, fuchsine, violet cristallisé, fuchsine S, bleu de diphénylamine, vert au méthyle, bleus alcalins 6 et 3B.

Pyroniques : rhodamine, éosine.

Thiaziniques : bleu méthylène.

Safraniques : safranine G.

Expériences. — Les expériences de transport ont été faites sur des solutions contenant :

1^g, $0^g,1$ et $0^g,01$ de matière colorante dans 1000^{cm^3} d'eau distillée froide : *a*, sous 17 volts, avec une distance entre les électrodes de $7^{cm},71$; *b*, sous 100 volts, avec une distance entre les électrodes de $33^{cm},16$.

L'intensité du courant, agissant pendant 1 heure pour chaque détermination, a toujours été maintenue inférieure à 1 milliampère.

Résultats. — On constate que les matières colorantes en solutions colloïdales (voir *Comptes rendus* du 7 mars 1910) accusent avec intensité le phénomène du transport.

Le rouge congo, le noir diamine BH, le bleu diamine 3R, le rouge de Saint-Denis, le vert diamine, le bleu de diphénylamine, les bleus alcalins 3B et 6B, présentent de fortes augmentations de coloration au pôle positif, et des diminutions notables et parfois totales de coloration au pôle négatif. Souvent, au pôle positif, la liqueur est tout à fait opaque et noirâtre, comme si elle renfermait un abondant précipité, en même temps qu'il y a décoloration au pôle négatif.

En supprimant le courant, la liqueur redevient d'elle-même homogène au bout d'un certain temps, et semblable à son état primitif. Si l'on agite le liquide, l'homogénéité est rendue immédiate; en filtrant la liqueur sur du papier à filtrer ordinaire, on ne recueille sur le filtre aucun précipité, même

quand on opère immédiatement après la suppression du courant : la liqueur filtrée est identique à la solution initiale.

Les matières colorantes *solubles*, diffusant bien, présentent des phénomènes qui diffèrent par des caractères très nets des précédents.

On n'observe jamais de formations opaques à l'un des pôles, ressemblant à des précipités abondants, pouvant occuper la moitié du volume total du liquide; il se produit, d'ordinaire, des différences de coloration aux deux pôles, parfois des formations de très faibles précipités incolores, qui semblent dus à l'électrolyse (leucodérivés); quelques matières colorantes, n'ayant pas subi d'ionisation, la rhodamine, la safranine, ne présentent aucune particularité.

En résumé, on obtient des phénomènes de transport très nets avec toutes les matières colorantes en solution colloïdale, c'est-à-dire en granules non dissous : ces granules possèdent donc des charges électriques appréciables.

Je rappelle que j'ai déterminé les matières colorantes qui forment des solutions colloïdales par l'étude de leur diffusion (*Comptes rendus*, 7 mars 1910) : les deux phénomènes sont concordants.

Dans les matières colorantes en solution vraie, on ne détermine aucun changement, ou des changements de coloration sans altération de la limpidité, provenant du déplacement d'ions dissous.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le camphre artificiel.* Note de M. **E. Darmois**, présentée par M. A. Haller.

Le camphre naturel possède l'activité optique; son pouvoir rotatoire spécifique est variable avec la dilution dans la plupart des solvants; j'ai trouvé qu'il était très approximativement constant dans l'éther et dans l'hexane (1). Tout ce qui va suivre se rapporte à des dissolutions faites dans ces deux liquides. Dans ces conditions, le pouvoir rotatoire est $[a]_J = +57^\circ$ pour la radiation jaune du mercure $\lambda = 578$ (2), le rapport des rotations pour les deux raies bleue (436) et jaune (578) est 2,77. Ce rapport mesure la dispersion rotatoire du corps (3).

(1) Les mesures ont porté sur des concentrations variant de 2 à 40.

(2) Le pouvoir rotatoire désigné par $[\alpha]_J$ se rapporte dans ce qui suit à la raie jaune du mercure $\lambda = 578$ et non à la teinte sensible.

(3) Cette dispersion est très considérable; le rapport pour le quartz est 1,83.

Le camphre artificiel fourni par l'industrie est au contraire peu actif. Trois échantillons que j'ai eus entre les mains avaient comme pouvoir rotatoire $-2°$, $-7°$, $+5°$, les deux derniers provenant respectivement des essences de térébenthine française et américaine.

La faible activité du camphre provenant de l'essence française est surprenante; on sait que les dérivés préparés avec cette essence (chlorhydrate, camphène, etc.) sont très actifs. Il m'a semblé que, par une série d'opérations faites à température aussi peu élevée que possible, on pourrait préparer un camphre à pouvoir rotatoire plus grand. J'ai obtenu un produit dont l'activité est comparable à celle du camphre naturel, bien qu'un peu plus faible.

L'essence, rectifiée pour éliminer les carbures passant au-dessus de 165°, est transformée en bromhydrate de pinène $C^{10}H^{17}Br$, celui-ci en bornéol $C^{10}H^{17}(OH)$ par l'intermédiaire du dérivé magnésien [1]; il se forme en même temps du dibornyle $(C^{10}H^{17})^2$. Ce dernier corps étant peu volatil (Éb.: 325°), on sépare le bornéol par entraînement à la vapeur d'eau. On le fait recristalliser dans l'éther de pétrole et l'on recueille de temps en temps le bornéol déposé.

Le bornéol ainsi obtenu n'est pas un corps homogène, le pouvoir rotatoire des diverses fractions est variable (solutions dans l'éther).

J'ai opéré d'abord avec l'essence de pin d'Alep qui renferme le pinène α droit $[\alpha]_J = +50°,5$.

Exemple. — Dans une opération donnant 100^g de bornéol, on recueille 80^g puis 20^g à l'entraînement.

	Déposé par cristallisation.		
	1.	2.	3.
Premier bornéol entraîné $[\alpha]_J$.....	$+4°,4$	$+2°,5$	$-2°,5$
Deuxième bornéol entraîné $[\alpha]_J$....	$+10°,3$	$+5°,7$	»

Le bromhydrate avait été cristallisé dans l'alcool; le bromhydrate cristallisé une fois (Fus.: 87°) m'a donné les mêmes résultats que le bromhydrate cristallisé six fois (Fus. : 94°).

Le bornéol ainsi préparé n'est donc pas un corps homogène, il se comporte comme un mélange d'un corps droit avec un corps gauche plus soluble et plus volatil. Ces propriétés sont précisément celles d'un mélange de bornéol droit et d'isobornéol gauche. Une vérification simple était

---

[1] La préparation du bornéol par le chlorhydrate de pinène et le magnésium a été indiquée par Houben et étudiée par A. Hesse (*Ber. der deutschen chemischen Ges.*, t. XXXIX, 1, p. 1127).

indiquée; on sait que l'oxydation d'un tel mélange doit donner du camphre droit.

L'oxydation a été faite à froid par l'acide chromique ou par l'acide azotique. *L'un quelconque de ces bornéols donne un camphre très actif*, $[\alpha]_J = +49^\circ$ environ, la dispersion rotatoire étant celle du camphre naturel; il est donc constitué par du camphre droit mélangé à une petite quantité de camphre gauche (7 pour 100). Malgré cette faible différence, la conclusion précédente subsiste. *Le bornéol synthétique obtenu à partir du pinène droit est un mélange de bornéol droit et d'isobornéol gauche, dont l'un au moins est mélangé à une faible quantité de son inverse optique.*

Dans le but d'obtenir le camphre gauche, j'ai recommencé les mêmes opérations sur l'essence française. Dans des communications précédentes [1], j'ai montré que cette essence renferme dans la fraction utilisée les deux pinènes α et β, j'ai indiqué comment on pouvait calculer la rotation du pinène α présent dans une essence; le calcul donne dans ce cas $[\alpha]_J = -46^\circ,5$; le pinène α présent dans l'essence française renfermerait 96 pour 100 de pinène gauche et 4 pour 100 de pinène droit. Les résultats sont analogues, au signe des rotations près; le camphre obtenu est un peu moins actif : $[\alpha]_J = -45^\circ$ (10 pour 100 de camphre droit).

Les conclusions sont les mêmes. *Le bornéol obtenu avec l'essence française est un mélange de bornéol gauche et d'isobornéol droit, avec une faible quantité de leurs inverses.*

Ce résultat semble en contradiction avec celui obtenu par M. A. Hesse (*loc. cit.*) avec le *chlorhydrate* de l'essence française. D'après cet auteur, le bornéol obtenu ne contiendrait que des traces d'isobornéol, le faible pouvoir rotatoire du bornéol tenant à ce qu'il renferme du dibornyle. Ce dernier carbure est en effet de signe contraire à l'essence génératrice $[\alpha]_J = -42^\circ$ et $[\alpha]_J = +35^\circ$ avec les deux essences employées. Outre que ce corps n'est pour ainsi dire pas entraîné par la vapeur d'eau, l'explication n'est pas valable dans le cas que j'ai étudié; il faudrait admettre que le bornéol renferme 40 pour 100 de dibornyle. Je me propose d'ailleurs de reprendre la préparation du camphre par le chlorhydrate de pinène.

En résumé, *il est possible de préparer sous les deux formes droite et gauche du camphre synthétique fortement actif*. Chacun de ces camphres est mélangé à une faible quantité de son inverse. Il peut se faire qu'en variant un peu les conditions de préparation, en opérant par exemple à température plus basse, on obtienne un camphre identique au camphre naturel.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 195; t. CXLIX, p. 730.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de la pinacoline avec les éthers-sels.* Note de M. F. **Couturier**, présentée par M. A. Haller.

Les nombreux travaux auxquels a donné lieu la pinacoline ont établi que ce corps possède une formule dissymétrique et qu'elle présente la plupart des caractères des cétones $R - CO - CH^3$.

Le travail qui fait l'objet de cette Note apporte à cette manière de voir une nouvelle confirmation.

On sait que les cétones de cette forme peuvent se combiner aux éthers-sels en présence du sodium pour donner des produits de condensation tels que les dicétones. La pinacoline, en tant que présentant le groupement fonctionnel $- CO - CH^3$, devait présenter des réactions analogues.

En faisant réagir sur ce corps des éthers-sels, tels que l'éther acétique et l'éther oxalique, j'ai obtenu des produits de condensation dont les propriétés nettement caractérisées les rattachent aux séries des β-dicétones et des éthers pyruviques. Pour obtenir la condensation, j'ai utilisé la réaction, soit du sodium, soit de l'éthylate de sodium sec sur le mélange des deux corps réagissants dilués dans l'éther absolu.

1° *Acétylpinacoline, ou diméthyl-2.2-hexane-dione-3.5,*

$$(CH^3)^3C - CO - CH^2 - CO - CH^3$$

Cette β-dicétone résulte de l'action du sodium sur un mélange de pinacoline et d'éther acétique. Le sel de sodium formé est dissous dans l'eau glacée, acidulée par l'acide acétique et agité avec de l'acétate de cuivre neutre. On sépare ainsi un sel de cuivre $(C^8H^{13}O^2)^2Cu$, qui, après purification dans l'éther de pétrole, se présente sous la forme de longues aiguilles bleu foncé, fusibles à 175°. Ce sel, traité par SO^4H^2 à 20 pour 100, donne l'acétylpinacoline, liquide bouillant à 168° à la pression ordinaire sans décomposition; densité à zéro : 0,933. Cette dicétone donne avec le sodium et le cuivre des sels cristallisés. Avec le perchlorure de fer elle donne une coloration rouge intense.

Elle fournit avec l'hydroxylamine en solution alcoolique un isoxazol $C^8H^{13}OAz$ fusible à 107° et, avec la phénylhydrazine, une hydrazone $C^{14}H^{20}OAz^2$ cristallisée en aiguilles fusibles à 85°.

2° *Triméthylacétylpyruvate d'éthyle* $(CH^3)^3C - CO - CH^2 - CO - CO^2C^2H^5$.

La condensation avec l'éther oxalique se réalise mieux avec l'éthylate de sodium sec à — 15° : avec une technique analogue à la précédente, on obtient un sel de cuivre $(C^{10}H^{15}O^4)^2Cu$, qui cristallise dans l'éther en gros cristaux prismatiques vert foncé, fondant à 162°.

L'action de l'acide sulfurique à 20 pour 100 sur ce sel met en liberté l'éther pyruvique; c'est un liquide incolore, parfaitement stable, qui bout à 124° sous 13^{mm}.

Avec l'hydroxylamine, il ne donne pas de dioxime, mais un isoxazol, cristallisé en aiguilles fusibles à 90°,

$$(CH^3)^3C - \underset{\underset{Az}{\|}}{C} - CH = \underset{\underset{O}{|}}{C} - CO^2C^2H^5.$$

Cet éther se dissout intégralement dans une solution diluée de carbonate de sodium, d'où l'on peut le régénérer par saturation avec un acide.

Il résulte des propriétés de cet éther qu'on doit lui attribuer une formule énolique

$$- CH = C(OH) - ;$$

les travaux de Claisen et Tuigle [1] sur le produit de condensation de l'oxyde de mésityle et de l'éther oxalique ont mis en évidence les deux formes tautomères, cétonique et énolique, la seconde seule donnant un sel de cuivre et pouvant se dissoudre dans le carbonate de sodium. Avec la pinacoline, la forme énolique paraît seule exister, et, quel que soit le mode de préparation employé, il n'a jamais été possible de mettre en évidence la forme cétonique.

La saponification de l'éther triméthylacétylpyruvique par une solution diluée de soude ou de carbonate de soude se fait aisément par agitation prolongée à froid, et il se forme l'*acide triméthylacétylpyruvique*

$$(CH^3)^3C - CO - CH = C(OH)CO^2H.$$

Cet acide se présente sous la forme de cristaux blancs fusibles à 60°, solubles dans l'éther et l'alcool, assez solubles dans l'eau bouillante, d'où il cristallise par refroidissement en longues aiguilles.

Les propriétés de cet acide conduisent à lui attribuer aussi une forme énolique, et le traitement à l'eau bouillante n'amène pas de transformation en forme cétonique, ainsi que cela se produit pour l'acide α-mésityloxydoxalique $C^6H^7 - CO - CH = C(OH) - CO^2H$; en effet, l'acide triméthylacétylpyruvique, éthérifié par l'alcool et l'acide sulfurique, reproduit l'éther pyruvique correspondant; son point d'ébullition (124° sous 13^{mm}) l'identifie avec l'éther obtenu précédemment. Les sels que forme cet acide montrent que l'hydrogène du groupement $- CH^2 -$ compris entre les deux fonctions cétoniques (ou du groupement $- CH =$ dans la forme énolique) et celui du groupement fonctionnel $- COOH$, interviennent dans leur formation avec une valeur égale, ainsi que cela résulte de l'analyse des sels de baryum et d'argent dans lesquels entrent 2^{at} de métal pour 1^{mol} de l'acide.

L'action des alcalis ou des carbonates alcalins, à l'ébullition, décompose

---

[1] *Liebigs Ann. Ch.*, t. CCXCI, p. 111.

l'éther ou l'acide en question, en régénérant les deux composés primitifs, la pinacoline et l'acide oxalique.

Ces réactions de la pinacoline, en caractérisant sa formule cétonique, sont en concordance avec les faits que j'ai publiés antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1695), et par lesquels j'ai montré la formation de triméthylacétylaldéhyde en mettant en jeu l'éther formique comme élément de condensation.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches basiques de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord) et leurs rapports avec les filons de pegmatite qui les traversent.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

Les falaises qui bordent le littoral aux environs de Saint-Quay, jusqu'à Portrieux du côté de Saint-Brieuc et jusqu'à Tréveneuc du côté de Paimpol, sont constituées par des roches cristallines massives, noires et grises, signalées par M. C. Barrois, sur les Cartes géologiques de la région, comme diorites et gabbros.

Elles confinent des deux côtés à des micaschistes, en bancs plus ou moins redressés, que certaines particularités permettent d'identifier et de rapporter à la même formation métamorphique superposée aux roches cristallines en question.

Au contact des micaschistes, on trouve les roches grises, jamais les roches noires; de sorte que le massif de ces roches cristallines apparaît comme formé d'un amas de roches noires bordé d'une zone de roches grises. Il existe un passage graduel des roches noires aux roches grises, mais la grosseur du grain des roches grises est à peu près constante (c'est celui d'une diorite), tandis que le grain des roches noires varie depuis un grain très fin jusqu'à celui des roches grises.

Les filons de pegmatites qui traversent ces roches sont des filons de pegmatites graphiques constituées par du microcline, de l'albite, du quartz, avec un peu de muscovite et beaucoup de tourmaline. On les trouve en abondance au voisinage des termes de passage des roches grises aux roches noires, c'est-à-dire près des bordures du massif. Elles manquent au centre même du massif.

Au contact des roches grises, on trouve en général des roches noires à grain fin; mais les mêmes roches apparaissent en outre sous forme d'enclave dans les roches grises et les roches noires à gros grain.

Les roches noires à grain fin ont la composition et la structure de la *beerbachite* des auteurs allemands.

On y voit un feldspath très basique atteignant parfois une teneur de 80 pour 100 d'anorthite, des grains d'hypersthène, de la magnétite et de l'augite; et en plus, çà et là, quelques cristaux de biotite avec un peu de quartz.

La roche noire à gros grain contient les mêmes éléments plus largement cristallisés, mais elle contient un peu plus de quartz. Le feldspath est un peu moins basique: c'est un labrador dont la composition oscille autour de celle du labrador à 60 pour 100 d'anorthite. Il n'est pas rare de trouver, dans des parties très fraîches de cette roche, l'augite partiellement transformée en amphibole hornblende.

Cette transformation est complète dans les roches grises, elles-mêmes très fraîches. Il ne reste parfois qu'un centre d'augite non transformée. Ces roches grises ne contiennent plus du tout d'hypersthène, mais par contre contiennent beaucoup de biotite et de quartz. Leur feldspath est un labrador voisin du labrador à 50 pour 100 d'anorthite.

Cette bordure de roches grises qu'on peut considérer comme des diorites est due à l'action des éléments des pegmatites sur le magma en voie de cristallisation qui devait donner la roche noire, beerbachite ou gabbro à hypersthène.

On peut s'en rendre compte en étudiant les modifications des roches noires au voisinage d'un filon de pegmatite.

La roche se charge de quartz, l'augite se transforme en hornblende et l'hypersthène disparaît, remplacée par la biotite, en même temps que le feldspath, très basique dans les petits individus qui ont cristallisé les premiers, devient un peu plus acide dans les gros individus de cristallisation plus récente.

Mais ces transformations, qu'on trouve réunies dans la roche grise qui constitue la diorite, et qui manifestent l'action, sur un magma basique en voie de cristallisation, de tous les éléments qui ont contribué à la formation des pegmatites, peuvent être indépendantes. En d'autres termes, on peut ne constater, sur le gabbro, que l'action d'un seul des éléments de la pegmatite.

L'action des éléments du feldspath potassique sur les grains d'hypersthène est des plus caractéristiques. La biotite prend la place du cristal d'hypersthène en conservant sa forme, et la silice en excès s'individualise sous forme de quartz; alors que, là où manque de l'hypersthène, du microcline est venu cristalliser en moulant ophitiquement les cristaux de plagioclases.

L'étude des pegmatites nous apprend que le feldspath potassique s'y est

individualisé après l'albite. Comme, d'une part, c'est en bordure qu'on trouve les diorites à feldspath le plus sodique, et que, d'autre part, on trouve également dans ces diorites des roches noires à grain fin sous forme d'enclaves, il faut admettre que, çà et là, avant tout mélange avec les éléments qui devaient constituer les pegmatites, un gabbro à hypersthène cristallisait, et que sa cristallisation a été modifiée par l'arrivée successive des éléments sodiques et potassiques des pegmatites : les premiers ayant agi principalement à la partie supérieure du magma, là où la cristallisation n'avait pas encore commencé; les seconds, sur le magma tout entier, même dans les portions déjà partiellement consolidées, qui, maintenant, jouent le rôle d'enclaves dans la roche définitivement solide.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Victor Henri**, **André Helbronner** et **Max de Recklinghausen**, présentée par M. A. Dastre.

En nous basant sur les résultats obtenus par l'un de nous avec Mlle Cernovodeanu [1], relatifs à l'action bactéricide des rayons ultraviolets à différentes distances de la lampe et sous différentes épaisseurs de liquide, nous avons construit au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne un appareil d'expérimentation à grand débit pouvant donner jusqu'à 125^{m^3} à l'heure, ce qui correspond à une alimentation en eau d'une ville de 20000 habitants environ.

Les dimensions de cet appareil ont été calculées d'après les données expérimentales suivantes :

Les rayons émis par une lampe à mercure en quartz du modèle Westinghouse Cooper Hewitt marchant sur 220 volts et 3 ampères stérilisent complètement une émulsion de B. coli typhique, dysentérique, charbonneux, vibrion cholérique, staphylocoque doré, pneumobacille de Friedländer :

A la distance de	60^{cm}	en	30	secondes
»	40	»	15	»
»	20	»	4	»
»	10	»	<1	seconde

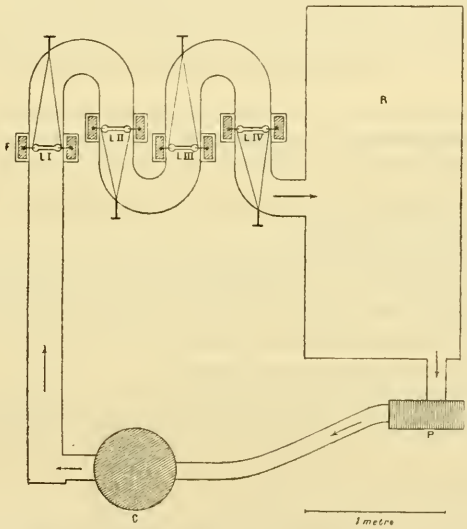
Il y a donc intérêt de placer la lampe le plus près possible de la surface

[1] Mlle Cernovodeanu et Victor Henri, *Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes* (*Comptes rendus*, 3 janvier 1910).

d'eau et de faire couler l'eau avec une vitesse suffisamment lente pour que les microbes puissent être tués par les rayons.

Dans le cas de l'emploi de plusieurs lampes, il faut disposer l'appareil de façon que la partie d'eau qui se trouve à la surface sous la première lampe passe au fond de l'appareil sous la seconde lampe et inversement, c'est-à-dire qu'il y ait un retournement de l'eau entre les lampes.

Le calcul des conditions optima nous a amenés à construire un premier appareil (type W.C.H., B.V.) formé d'un canal en zig-zag dans lequel l'eau coule sous l'épaisseur de 30^{cm} et la largeur de 25^{cm}; par conséquent, pour un débit de 100^{m^3} à l'heure, la vitesse d'écoulement de l'eau est de 28^{cm} par seconde; avec un débit de 36^{m^3} à l'heure, la vitesse de l'eau est de 10^{cm} par seconde.



Étant donné que l'eau qui arrive sous une lampe commence à subir l'action intense des rayons déjà 40^{cm} en amont de la lampe et continue à subir cette action encore jusqu'à 40^{cm} en aval de la lampe, la zone active de chaque lampe est égale à 80^{cm}; par conséquent, avec le débit de 36^{m^3}, l'eau est soumise à l'action des rayons pendant 8 secondes sous chaque lampe. Avec deux lampes on a une durée d'exposition de 16 secondes. Si nous nous reportons aux durées indiquées plus haut, nous en concluons que l'on doit s'attendre à obtenir une stérilisation de l'eau au débit de 36^{m^3} avec deux

lampes. Cette conclusion que nous avons tirée au mois de décembre supposait que la stérilisation de l'eau en mouvement se faisait de la même façon que pour l'eau immobile.

L'appareil d'essai se compose d'un réservoir R de 3^{m^3}, d'une pompe centrifuge P, d'un compteur à eau C et du stérilisateur formé d'un canal recourbé en zig-zag, ayant 25^{cm} de largeur et 50^{cm} de profondeur. Quatre lampes à mercure en quartz, fabriquées à Paris par la Société Westinghouse Cooper Hewitt, sont placées en L I, L II, L III et L IV. Ces lampes sont suspendues sur des flotteurs F qui les maintiennent à une distance constante du niveau de l'eau; cette distance est égale à 2^{cm}. Des réflecteurs spéciaux sont placés au-dessus de chaque lampe. L'eau est mise en mouvement par la pompe dans le sens indiqué par les flèches.

Pour faire les expériences on fait marcher la pompe, on allume les lampes et l'on verse dans le réservoir une grande quantité (5^l à 10^l) d'une émulsion très riche de coli. On prélève ensuite avec de longues pipettes au fond du canal des échantillons d'eau sur tout le parcours. On ensemence immédiatement des tubes de bouillon en mettant plusieurs centimètres cubes d'eau dans chaque tube de bouillon, et parallèlement on fait des plaques de Petri pour la numération des microbes.

Voici, à titre d'exemple, les résultats d'une expérience au débit de 36^{m^3} à l'heure :

Avant la lampe I.....	5250	microbes par	centimètre cube
Après la lampe I.....	3650	»	»
Après la lampe II.....	0	»	»

Les tubes de bouillon ensemencés avec les échantillons d'eau pris après la deuxième lampe sont stériles.

Chaque lampe débite 660 watts par heure, donc dans cette expérience 36^{m^3} d'eau sont stérilisés avec 1320 wattheures, ce qui correspond *par mètre cube à* 36 *wattheures*. Nous pouvons affirmer dès maintenant que nous pourrons obtenir des nombres meilleurs; ce nombre 36 wattheures ne doit être considéré que comme une limite supérieure.

En résumé, *on peut réaliser la stérilisation, par les rayons ultraviolets, de grandes quantités d'eau avec une dépense maximum de* 36 *wattheures par mètre cube.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la préparation et sur quelques propriétés physico-chimiques de la gélatine déminéralisée.* Note de MM. **Ch. Dhéré** et **M. Gorgolewski**, présentée par M. A. Dastre.

On parvient à éliminer presque complètement les impuretés minérales que contiennent les gélatines du commerce en procédant, comme nous allons l'indiquer, soit par dialyse, soit par congélation.

1° *Purification par dialyse.* — Les feuilles de gélatine sont immergées dans de l'eau distillée qu'on change fréquemment. L'opération a lieu à basse température (de 0° à + 2°) et l'eau est additionnée d'éther : de la sorte, on évite, autant que possible, l'altération de la gélatine par hydrolyse chimique et microbienne. On suit les progrès de la purification en mesurant de temps en temps la conductivité de l'eau de dialyse. Pendant les derniers jours, la dialyse se fait dans des récipients en verre d'Iéna, en présence d'*eau de conductivité* ($k = 1,5 \times 10^{-6}$) non additionnée d'éther. On arrête la dialyse quand la gélatine ne cède plus d'électrolytes à l'eau après 48 heures de contact. Ce résultat est obtenu au bout de 1 mois et demi à 3 mois, suivant la qualité de la gélatine traitée.

2° *Purification par congélation.* — Si l'on soumet à la congélation (dans un mélange réfrigérant) une solution de gélatine à 0,5 pour 100, par exemple, on constate, au moment du dégel, que la gélatine est précipitée en flocons qui, notons-le en passant, offrent, à l'examen microscopique, une *structure filamenteuse* remarquable. Par filtration sur un cône en fine toile de platine ou de nickel, il est aisé de séparer les flocons de l'eau où ils se sont formés, et l'analyse des deux portions montre que les impuretés minérales se sont accumulées dans l'eau. En réitérant plusieurs fois l'opération, on obtient une gélatine assez bien déminéralisée.

De ces deux procédés le premier semble être le procédé de choix; il est le seul pratique si l'on veut préparer une quantité assez grande de gélatine pure; le second offre, par contre, l'avantage d'être beaucoup plus rapide.

Dans ce qui suit nous n'aurons en vue que le produit purifié par dialyse à limite; il est pratiquement *sans cendres* (¹), si l'on est parti d'une bonne gélatine commerciale. Néanmoins, cette gélatine est encore souillée par des traces d'électrolytes qui peuvent lui être enlevées en la soumettant à l'action d'un champ électrique, ainsi que le montre l'expérience suivante :

De la gélatine (de Grübler, Leipzig) dialysée à limite fut introduite en solution tiède à $2^g,25$ pour 100, au fond d'un tube en U en verre d'Iéna. Après gélification de la liqueur par refroidissement, on remplit d'eau de conductivité chacune des deux branches du tube en U. Entre les couches d'eau supérieures des deux tubes, on établit, en se servant d'électrodes de platine, une différence de potentiel de 6 volts par centimètre, et l'on constata au bout de 30 minutes que l'eau décantée avait une conductivité très notablement augmentée, bien qu'elle ne contînt que des traces de gélatine en solution. En renouvelant l'eau et en faisant passer le courant à plusieurs reprises, on parvint à obtenir une gélatine encore mieux purifiée, comme le démontrèrent les mesures comparatives de conductivité (voir ci-après).

Indiquons maintenant, brièvement, les propriétés les plus intéressantes de la gélatine déminéralisée.

(¹) La combustion de 2^g à 3^g ne laisse qu'un résidu impondérable.

1° *Conductivité spécifique.* — Les deux sortes de gélatines que nous avons utilisées pour ces recherches présentaient, dialysées à limite, une conductivité sensiblement identique :

Solution à $0^g,542$ (1) pour 100 (Grübler) ..... $k = 5,6 \times 10^{-6}$
Solution à $0^g,544$ pour 100 (Coignet) ..... $k = 5,9 \times 10^{-6}$

La gélatine Grübler ayant subi la purification complémentaire par le courant électrique n'avait plus pour conductivité que $5,2 \times 10^{-6}$ en solution à $0^g,726$ pour 100. Cette petite différence de conductivité devient importante en considérant la différence de concentration.

2° *Charge électrique.* — La gélatine Grübler, acide au tournesol, se transporte à la cathode et est, par conséquent, électropositive. Parfaitement déminéralisée, elle devient nettement électronégative, bien que son acidité n'ait que fort peu diminué. Lorsqu'elle contient encore $0^g,05$ pour 100 de cendres, elle reste électropositive. Il doit donc y avoir un stade, au cours de la purification, où elle ne présente plus de charge.

3° *Opalescence.* — Les solutions ou les gelées de gélatine déminéralisée sont opalescentes entre certaines limites de concentration. Au voisinage de 2 pour 100, l'opalescence est très forte ; elle devient presque insensible au voisinage de 8 pour 100 et disparaît à 10 pour 100. Cette opalescence diminue ou disparaît par addition de traces d'alcali ; elle est moins influencée par les acides, moins encore par la plupart des sels, sauf s'ils sont hydrolysés. Cette opalescence ne peut être étudiée dans les vases faits en verre ordinaire qui cède facilement de l'alcali. La température modifie aussi le degré de l'opalescence. Les observations sont surtout nettes à une température peu élevée (de 0° à + 15°). Signalons, de plus, qu'à cette température les solutions contenant moins de 1 pour 100 de gélatine déminéralisée sont le siège d'un processus de coagulation amenant à la longue la séparation de flocons opalescents en suspension dans un liquide parfaitement limpide. Ce processus est favorisé par l'abaissement de la température et accéléré par une agitation modérée de la liqueur.

4° *Gélification.* — Contrairement à la supposition de Nasse (1889), la gélatine parfaitement déminéralisée se gélifie, mais moins bien qu'en présence d'électrolytes. L'addition de traces d'alcalis, d'acides, de sels divers (même de ceux qui, comme KI, diminuent le pouvoir gélifiant de la gélatine ordinaire) ou de cendres de gélatine favorise la gélification.

---

(1) Poids de la gélatine supposée *anhydre*.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe.* Note de MM. **H. Stassano** et **A. Daumas**, présentée par M. A. Dastre.

En cherchant à approfondir le mode d'action des sels solubles de chaux dans la coagulation, il nous a été donné de constater que le calcium intervient à deux moments successifs de ce phénomène et il révèle son maximum d'activité à deux concentrations bien différentes, que nous avons pu préciser.

C'est par l'étude attentive du plasma salé que nous sommes parvenus à ce résultat. Ce plasma offre, sur tous les autres plasmas sanguins considérés comme incoagulables, ce double avantage : 1° d'être réellement incoagulable pour une durée illimitée de temps; 2° et de conserver intégralement les différents facteurs de la coagulation, à savoir : 1° le *fibrinogène* (il coagule, en effet, par addition de sérum sanguin frais); 2° *les deux générateurs albuminoïdes du fibrin-ferment* (aussi il coagule par simple dilution dans de l'eau distillée et il fait coaguler la sérosité péritonéale de cheval, incoagulable spontanément).

L'incoagubilité de ce plasma tient uniquement à sa forte teneur en chlorure de sodium. Celle-ci, en diminuant le degré de dissociation des sels calciques solubles, rend ces derniers inaptes à exercer la fonction qui leur appartient dans la coagulation. On sait que la présence des sels solubles de chaux, dans un certain état de dissociation, est nécessaire à la production du caillot.

Il suffit de ramener sa concentration en chlorure de sodium de 5 à 1,25 pour 100 (en étendant un volume de ce plasma salé en trois volumes d'eau distillée) pour le faire coaguler.

Si nous dialysons ce plasma dans l'eau salée de même concentration (5 pour 100 de NaCl), fréquemment renouvelée de façon à lui soustraire aussi rapidement et complètement que possible les sels solubles de calcium et généralement tous les sels métalliques, à l'exception du chlorure de sodium, nous arriverons, au bout d'un certain temps (20 jours environ), à ce que ce plasma ne coagule plus par simple dilution. Il faut, pour que la coagulation ait lieu, y ajouter, après dilution, un sel de chaux dans des conditions et des proportions convenables. Il faut que ce sel soit soluble et dissocié en ions (Sabbatani) et que sa quantité ne dépasse pas certaines limites, au-dessous et au-dessus desquelles la coagulation ne se produit pas

ou ne se produit qu'avec un retard considérable, de plus en plus grand au fur et à mesure que la proportion du sel de chaux s'éloigne de l'une ou de l'autre limite.

C'est précisément en étudiant la manière de se comporter de ce plasma, au cours de la dialyse et lorsqu'il a été dialysé à fond, à l'égard des sels de calcium et d'autres métaux alcalino-terreux, que nous avons pu mettre en lumière ce double rôle du calcium dans la coagulation.

I. *Rôle du calcium dans la formation du fibrin-ferment :*

L'addition, de très faibles quantités de $CaCl^2$, à du plasma salé dialysé à fond, et dilué à trois volumes, n'est suivie d'aucune manifestation extérieure : le plasma garde sa limpidité et toute sa fluidité. Mais il suffit d'y ajouter, *quelques heures après*, une dose beaucoup plus considérable de chlorure de calcium et même de chlorure de strontium ou de baryum, pour le faire coaguler avec une avance considérable sur les échantillons témoins de ce même plasma. Ces échantillons témoins sont établis de la manière suivante : l'addition de la trace de calcium et de la dose saline forte est faite *en même temps et aussitôt* que le plasma salé vient d'être dilué; cette dernière circonstance mérite d'être retenue. Car l'expérience montre que l'addition de la dose forte de sel fait coaguler beaucoup plus rapidement un échantillon de plasma (salé, dialysé à fond) dilué depuis plusieurs heures qu'un échantillon du même plasma venant d'être dilué. Moins ce plasma a été dialysé et plus accusé est l'écart entre les moments d'apparition de la coagulation dans les deux échantillons. C'est, évidemment, à ce qui reste de sels solubles de calcium, dans le plasma dialysé, qu'est dû l'écart en question.

La dose la plus favorable de chlorure de calcium pour ce travail intérieur correspond à environ $0^g,000021$ par centimètre cube de plasma. Au delà de $0^g,000013$ l'addition de $CaCl^2$ est inactive. Ce travail intérieur correspond à la formation du fibrin-ferment. Il se traduit dans le même plasma, sous l'influence de la dose forte, par une rapide formation du caillot de fibrine, résultant de l'action du fibrin-ferment formé sur le fibrinogène. Ce même travail peut se révéler, au dehors, autrement, en faisant agir sur de la sérosité péritonéale du cheval (incoagulable spontanément) comparativement deux échantillons d'un même plasma salé, dialysé à fond et dilué, dont l'un a reçu la trace optima de $CaCl^2$, quelques heures avant, et dont l'autre la reçoit seulement au moment de l'essai comparatif. Dans ces conditions, il arrive que le premier échantillon fait coaguler la sérosité en beaucoup moins de temps que le second échantillon : différence qui atteint et dépasse parfois 2 et 3 heures.

A cette même concentration moléculaire *optima* agissent le chlorure de strontium et le chlorure de baryum, mais bien plus lentement, le second particulièrement. Le rôle du calcium n'est donc pas absolument exclusif; mais il se comporte bien plus énergiquement.

II. *Dans l'action du fibrin-ferment formé sur le fibrinogène :*

Le sérum, fraîchement exprimé d'un caillot de sang, renferme du fibrin-ferment tout formé. La sérosité péritonéale du cheval, parfaitement incoagulable, peut être considérée comme une solution de fibrinogène. Si nous ajoutons quelques gouttes du

premier à ce second liquide, il coagulera au bout d'un certain temps (de quelques minutes à quelques heures, selon les proportions et la qualité du sérum ajouté). Or ce moment arrive de beaucoup plus précocement par l'addition de chlorure de calcium et de quelques autres chlorures, dans l'ordre suivant d'activité : strontium, baryum, potassium, magnésium. Quoique l'action de ces différents chlorures s'échelonne dans cet ordre et se révèle, de plus, indépendamment de leur valence, le maximum d'action pour chacun correspond à une concentration moléculaire qui est la même pour tous : soit à 8 gouttes (20^g par centimètre cube) d'une solution $\frac{n}{10}$ de chaque chlorure par 3^{cm^3} de plasma salé dilué.

Cette action du calcium et des autres métaux, *à dose relativement forte*, dans la formation de la fibrine, peut être mise en évidence de différentes façons [1].

Ainsi, par exemple, du plasma non dialysé qui coagulerait par dilution en 2 heures, coagulera en quelques minutes à peine, par l'addition de chlorure de calcium à la dose convenable.

Ce second rôle du calcium qui ne lui est, pas plus que le premier, entièrement exclusif, ressemble beaucoup à celui des sels neutres en général dans la coagulation de la silice à l'état colloïdal.

La ressemblance est encore plus grande avec la gélatinisation des acides et des alcalis-albumines, sous l'action favorisante des sels et, précisément, sous l'influence tout à fait prépondérante des sels solubles de calcium. La prise en caillot de la fibrine peut être considérée également comme un phénomène d'hydratation. La molécule de fibrinogène en s'hydratant, sous l'action des sels, et des sels de calcium notamment, grossirait au point de devenir visible à l'ultramicroscope et de retenir toute, ou presque, l'eau du milieu ambiant.

L'un de nous exposera ailleurs, en détail, les expériences qui nous ont amenés à ces conclusions, qui peuvent se résumer ainsi :

Le calcium intervient à deux moments différents du phénomène complexe de la coagulation du sang et de la lymphe :

I. Dans la formation du fibrin-ferment, en agissant sur ses deux générateurs albuminoïdes. Ce sont de très petites doses de calcium qui se montrent le plus actives dans cette phase.

II. Dans la formation de la fibrine : il intervient alors seulement à dose relativement forte.

Dans l'une et l'autre intervention, le calcium peut être substitué par d'autres métaux, particulièrement par le strontium et le baryum, mais il se révèle également, dans les deux interventions, doué d'une activité tout à fait prépondérante.

---

(1) Zoja, *Zeitsch. für Chemie und Industrie der Kolloide;* III. Band, 1908, Heft 6.

PATHOLOGIE. — *De l'influence du régime sur la production de l'athérome spontané.* Note de M. **Weinberg**, présentée par M. E. Roux.

Les recherches déjà anciennes de Gilbert et Lion ont montré qu'il est possible de reproduire chez le lapin des lésions aortiques de nature infectieuse. Plus récemment, Josué a obtenu chez cet animal par des injections d'adrénaline des lésions calcaires de l'aorte; celles-ci ressemblent par certains caractères à l'athérome, tel qu'il est observé chez l'homme.

Depuis la première Note de Josué, les travaux sur l'athérome expérimental se sont multipliés avec une grande rapidité. Il a été ainsi démontré que maintes substances sont capables de produire des lésions athéromateuses. Il faut toutefois remarquer que nombreux sont les auteurs qui appuient leurs conclusions sur un petit nombre d'expériences; or, ces résultats peuvent être attribués à des cas d'athérome spontané qui ont été signalés chez le lapin (Kaiserling, Kalamkaroff, Miles).

Personnellement, nous avons trouvé 37 cas d'athérome sur 562 lapins neufs destinés à l'alimentation. Nous avons également étudié 420 lapins ayant servi aux expériences de nos collègues de l'Institut Pasteur. Suivant les lots examinés, les lésions athéromateuses étaient trouvées dans 4 à 19 pour 100 des cas.

Le lapin, animal herbivore, est donc très souvent athéromateux. Cependant, quelques cliniciens très éminents ont prétendu que c'est surtout le régime carné qui doit être considéré comme facteur étiologique de l'athérome.

Cette discordance de l'observation clinique avec l'expérience de laboratoire nous a incité à étudier l'athérome spontané dans la série animale dans le but de rechercher si vraiment le régime alimentaire joue un rôle dans la production des lésions athéromateuses.

Nos investigations ont porté sur les animaux suivants : lapin, cobaye, cheval, chat, chien, rat d'égout, urubu, chien de mer.

Lapin. — Les résultats sont déjà indiqués plus haut. Ajoutons seulement que nous avons constaté quatre fois la présence de placards calcaires dans l'aorte de petits lapins de 2 à 3 mois. Dans un cas, les lésions calcaires siégaient dans le foie, au niveau de l'artère hépatique d'un espace porte.

Cobaye. — Sur plus de 500 cobayes examinés, aucun ne présentait de lésions athéromateuses.

Cheval. — Ces recherches ont été faites en collaboration avec M. Vieillard. Nous

avons examiné 1511 chevaux tués à l'abattoir de Vaugirard. 115 fois, c'est-à-dire dans 7,6 pour 100 des cas, nous avons trouvé des lésions calcaires de l'aorte présentant presque toujours un aspect analogue à celui de l'athérome spontané du lapin. Il s'agissait d'une calcification de la tunique moyenne de l'aorte, sans lésions de l'endartère.

Chien. — Grâce à l'obligeance de M. Martel, nous avons pu obtenir l'autorisation d'examiner, dans un établissement d'équarrissage d'Aubervilliers, les cadavres de chiens tués à la fourrière. Nous avons pu ainsi autopsier en l'espace de plusieurs mois 1047 chiens. Sur ce nombre, 44 ont présenté des lésions aortiques. Ces dernières diffèrent complètement, comme siège et caractères macroscopiques, de l'athérome spontané du lapin. Les placards athéromateurs se trouvent presque toujours chez le chien à la hauteur des valvules sigmoïdes dont ils dépassent rarement (4 fois sur 44) le bord libre. Deux fois seulement, la lésion n'intéressait que la couche moyenne de l'aorte comme chez le lapin. Dans d'autres cas, il existait des lésions d'endartérite.

Chat. — Nous avons autopsié, dans le même établissement d'équarrissage, 344 gros chats. Leurs artères étaient indemnes de toute lésion.

Rat d'égout. — M. Marchoux s'étant procuré pour ses recherches un grand nombre de rats tués au ratodrome de Paris, nous avons été à même d'examiner le cœur et l'aorte de 926 de ces animaux, sans d'ailleurs rencontrer de trace de lésions artérielles.

Urubu (*Catharte aura*). — Nous avons demandé à notre regretté ami, le Dr Brimont, de Saint-Laurent-du-Maroni (Guyane française), de nous procurer un certain nombre d'aortes de cet oiseau de proie essentiellement carnivore (aussi le désigne-t-on dans le pays sous le nom de *charognard*, car il se nourrit presque exclusivement de cadavres). A ce titre, il rend de tels services à l'hygiène de la voie publique que, dans certaines contrées, la loi défend aux habitants de tuer ces oiseaux précieux sous peine d'une forte amende.

M. Brimont nous a envoyé 51 appareils cardio-vasculaires de cet oiseau. Tous ces organes sont intacts.

Chien de mer (*Scyllium canicula*). — Grâce à l'obligeance de M. Delage, nous avons pu nous procurer à la station biologique de Roscoff une trentaine de ces poissons carnassiers. L'étude de ces derniers présente pour nous un double intérêt : non seulement ils sont carnassiers, mais encore, se nourrissant exclusivement de poissons et de crustacés, ils absorbent une quantité considérable de sels calcaires.

Nous n'avons cependant pas trouvé chez eux de lésions calcaires ni au cœur, ni au bulbe artériel, ni aux arcs branchiaux.

Avant de tirer les conclusions de ces faits, nous devons remarquer que toutes nos recherches ont porté sur des animaux apparemment sains. Il fallait, en effet, établir si le régime alimentaire est capable de provoquer à lui seul des lésions athéromateuses.

Il résulte de l'analyse de nos observations que l'athérome spontané se rencontre surtout chez certains animaux herbivores. Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la classe des carnivores stricts, les lésions athéromateuses deviennent de plus en plus rares.

L'état de putréfaction de la viande ingérée par l'urubu sain ne paraît pas produire l'athérome chez cet animal.

GÉOLOGIE. — *Les formations archéennes, l'ancienne couverture et les plissements des monts du Forez.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. A. Lacroix.

Les formations archéennes n'affleurent actuellement que sur une surface restreinte dans les monts du Forez. Elles se montrent principalement à la base des deux versants de la chaîne, sous la forme de lambeaux discontinus, d'étendue variable, disloqués par le granite et la granulite. Elles bordent ainsi irrégulièrement : à l'Est, le bassin de Montbrison et à l'Ouest le synclinal de la Dore et le bassin d'Ambert.

I. *Série pétrographique.* — Les termes pétrographiques de la série archéenne ont été généralement très modifiés par les intrusions des roches éruptives. Néanmoins, on observe une suite assez complète de types de l'étage des gneiss comprenant; granite gneissique, gneiss granitique et granulitique, gneiss gris, gneiss micacés et leptynites.

En quelques points apparaissent des gneiss à cordiérite et à pyroxène, à amphibole, et à la partie supérieure de l'étage, des intercalations fréquentes d'amphibolites. (Environs de Valcivières et de Saint-Pierre-la-Bourlhonne.)

Il n'est possible de rapporter à l'étage des micaschistes que quelques lambeaux de la Renandie et du Trévy.

II. *Ancienne couverture archéenne des monts du Forez.* — Le terrain archéen a été disloqué, pénétré et injecté par le granite et la granulite qui l'ont fortement métamorphisé. Les tranchées des nouvelles routes tracées à travers le Forez (Vertolaye, La Croix du Fossat, Augerolles, La Chamba, Olliergues, Le Brugeron, Valcivières, etc.), fournissent à cet égard des exemples suggestifs.

On observe très fréquemment des paquets, des blocs multiples de gneiss variés, orientés dans toutes les directions et cimentés par le granite et surtout la granulite, ils donnent lieu à de *véritables brèches granitico ou granulitico-gneissiques.*

En outre, les granites et les granulites de presque toute la chaîne du Forez offrent

presque partout, principalement sur les flancs de l'anticlinal, une quantité considérable d'*enclaves* de gneiss, de taille variable atteignant 1^{m^3} à 2^{m^3}. Ces enclaves sont surtout abondantes dans la vallée du Fossat, aux alentours du Brugeron, entre Saint-Martin-des-Olmes et Valcivières, à l'est de Chalmazel, etc. Il n'est pas douteux qu'elles représentent des *fragments* de l'ancienne couverture archéenne des monts du Forez, entraînés dans les magmas granitiques et granulitiques au moment de leur mise en place.

Les parties élevées de la chaîne ne renferment pas, en général, de semblables enclaves. Il faut en conclure que les granites et granulites ont cristallisé sous un *manteau archéen*, probablement *continu*, qui a été presque complètement enlevé par l'érosion dans les parties hautes.

En quelques points (Valcivières, Saint-Pierre-la-Bourlhonne) j'ai observé de petits îlots de *diorite* à grands cristaux de hornblende, enclavés dans la granulite.

Il est vraisemblable de penser que ces îlots résultent, comme dans le Beaujolais, le Charolais et le Puy-de-Dôme, de l'endomorphisme de calcaires paléozoïques qui auraient constitué une partie de l'ancienne couverture des monts du Forez, avant la mise en place du granite et de la granulite. Il y aurait lieu alors d'augmenter l'extension des mers paléozoïques dans le Massif central en rapprochant ces faits de ceux qui ont été signalés par MM. Aug. et Albert Michel-Lévy dans les régions précitées.

III. *Direction varisque des plissements des terrains archéens.* — Il n'existe qu'une seule bande de terrains archéens traversant en écharpe les monts du Forez, depuis les environs de Vollore-Ville, Aubusson, La Renaudie (Puy-de-Dôme) jusqu'à Jeansagnières et Chalmazel (Loire). Cette bande de 20^{km} de long, irrégulière comme contours, n'est interrompue que par le massif granulitique de la Chambonie. Elle est peu modifiée, contrairement à tous les autres affleurements archéens du Forez; aussi y relève-t-on une série gneissique complète présentant une direction d'affleurements NE sur le versant occidental et ENE sur le versant oriental avec des plongements NO et ONO.

On ne peut manquer d'être frappé par ces directions qui sont précisément celles de tous les plissements hercyniens de la région archéenne et paléozoïque du Beaujolais, du Charolais, du Morvan et celle aussi de la bande disloquée Cusset-Saint-Germain-Laval, limitant au Nord les monts du Forez, ainsi que l'a montré récemment M. Albert Michel-Lévy.

Il me paraît qu'on peut déduire de ces faits que les *plissements hercyniens avec direction varisque se poursuivent dans le Massif central jusque sur le versant occidental des monts du Forez.*

L'histoire archéenne et paléozoïque des monts du Forez se rattacherait

donc, au moins au point de vue tectonique, à celle de la région orientale du Massif central, puisque cette région faisait partie de l'*aire des plissements hercyniens* de direction générale varisque.

Les grands failles du Forez (faille limite occidentale, dislocation orientale) qui sont sensiblement perpendiculaires à ces plissements sont dues principalement à des fractures ou à des décrochements post-hercyniens jalonnés par des venues siliceuses. Ce sont ces failles qui se rouvrirent de nouveau, au Miocène, lors des grands mouvements du Massif central.

Les refoulements horizontaux qui exhaussèrent la région forézienne, durant l'Oligocène et le Miocène, eurent pour résultat de former une zone anticlinale NS qui constitua le relief actuel.

Les monts du Forez présentent donc, ainsi que MM. Michel Lévy et Termier l'ont constaté dans les régions voisines, les traces d'au moins *cinq grands efforts orogéniques :*

1° Mouvements conduisant à la mise en place des granites et granulites;

2° Mouvements *hercyniens* (plissements varisques);

3° Mouvements *post-hercyniens* (failles NO, filons de quartz permotriasiques);

4° Mouvements *oligocènes* préparant les dépressions oligocènes;

5° Mouvements *miocènes* continuant les mouvements précédents terminés par une activité éruptive sur les deux flancs de la chaîne.

GÉOLOGIE. — *Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgäu.* Note de M. **Wilfried von Seidlitz**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous savons, par les admirables recherches de MM. Pierre Termier, Eug. Maury (1) et J. Deprat (2), que, dans le *pays de nappes* de la Corse orientale, les *granites écrasés* (*mylonites granitiques*) jouent le rôle d'un véritable terrain géologique; et M. Pierre Termier (3) a récemment montré qu'il en est de même à l'île d'Elbe. Antérieurement à la découverte de ce rôle des mylonites corses et elbaines, MM. Pierre Termier et Georges

(1) P. Termier et E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1426. — E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1448.

(2) J. Deprat, *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 151.

(3) P. Termier, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1441.

Friedel nous avaient appris l'existence, près de Saint-Étienne, dans une chaîne anté-houillère, d'énormes lames charriées de mylonites toutes semblables.

Il y a des phénomènes d'écrasement aussi intenses et aussi évidents dans le *pays de nappes septentrional* de la chaîne alpine, je veux dire dans les Grisons et aux abords des Alpes orientales. Voici, à ce sujet, quelques observations, faites, l'été passé, sur les affleurements granitiques et gneissiques des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgäu, suivis par moi en partant de l'Engadine.

Ces affleurements correspondent à des *lames*, réduites parfois à quelques mètres, ou même quelques centimètres d'épaisseur, de granites, de gneiss, de porphyres, de diorites et de gabbros, *écrasés* et *déchiquetés*. Les roches décrites par moi [1] en 1906 sous le nom d'*Ueberschiebungsapophysen*, et qui ressemblent beaucoup au *granite du Julier* (Engadine), sont des mylonites granitiques à feldspaths verdis et à mica chloritisé.

Aux points déjà décrits par Théobald et M. Rothpletz, j'ai réussi à ajouter de nombreux témoins discontinus de ces mêmes roches, toujours compris dans *deux horizons tectoniques bien définis :* l'un à la base de la *série austroalpine* (granites du type *Julier*, micaschistes et gneiss laminés); l'autre plus profond, à la base de la *nappe des Klippes* (Préalpes médianes), caractérisé par des débris d'une roche granitique ressemblant parfois au *porphyre de Rofna* de l'Oberhalbstein et du Schams. Avec les mylonites, il y a des *brèches de friction* (fenêtre de Gargellen) où le granite se mêle au calcaire de la Sulzfluh (Jurassique supérieur). Ailleurs (Laret près de Klosters), on voit des *brèches cristallines*, faites d'une pâte verte, mylonitique, et de débris de gneiss, de micaschiste, et de granite presque intact.

En suivant les mylonites vers le Sud, on voit des lames granitiques (*porphyre de Rofna*), peu épaisses, s'intercaler entre les nappes. Les très intéressantes Notes de MM. O. Welter [2] et H. Meyer [3] nous ont appris que, dans les montagnes du Schams, chaque nappe renferme à sa base une lame de porphyre de Rofna. Là, on n'est plus bien loin du lieu d'enracinement des plis couchés. C'est dans l'Oberhalbstein et l'Engadine qu'on voit s'enraciner, en masses puissantes, le porphyre de Rofna et le granite de Julier, intacts, dont les lames mylonitiques qui affleurent au Parpauer Weishorn, dans les environ d'Arosa et dans le Rætikon, tirent leur origine.

Je rattache encore aux mylonites les diorites et les gabbros du Tilisuna-Schwarzhorn

---

(1) W. v. Seidlitz, *Geolog. Untersuchungen im östl. Rhætikon* (*Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. B.*, t. XVI, 1906).

(2) O.-A. Welter, *Stratigraphie und Bau der Alpen zw. Hinterrhein und Safiental* (*Eclogæ geol. Helvet.*, t. X, 1909, n° 6).

(3) H. Meyer, *Geolog. Untersuchungen am Nordostrande des Surettamassives* (*Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. B.*, t. XVII, 1909).

(Rætikon), associés à des granites écrasés et à une *brèche d'énormes débris* triasiques ou cristallins, brèche dont la pâte a l'aspect d'une serpentine.

Enfin, les témoins de roches cristallines, fréquents sur le bord septentrional des Alpes et signalés par Gümbel, et par MM. Rothpletz et Tornquist, sont des lambeaux de poussée (*Ueberschiebungsapophysen*) analogues aux précédents. Tels sont les granites du Bolgen, les gneiss mylonitisés du Retterschwangertal et du Kühberg (Oberstdorf), situés à la base de la série austroalpine; tel encore le granite (du type Julier) près du Feuerstädterkopf, qui appartient probablement à la base de la nappe des Klippes.

En résumé il y a *deux nappes* dont la base est formée partout, ou presque partout, d'une lame de roches cristallines écrasées : la nappe des Klippes et la nappe austroalpine. C'est un nouvel exemple, et très saisissant, de l'importance du rôle tectonique des mylonites.

On peut suivre ces lames de l'Engadine à l'Allgäu, sur plus de 100^{km}, en partant des roches enracinées et intactes au Sud, longeant les affleurements mylonitiques de plus en plus déchiquetés, et arrivant enfin à des *débris isolés* (blocs dits *exotiques*, ou blocs empâtés dans des brèches à débris variés d'autres assises). Plus on va vers le Nord et plus on observe, dans ces mylonites, des débris de granite, de micaschiste et parfois de serpentine. Au Sud, il y a aussi des roches schisteuses, qui sont les *Casannaschiefer* de Théobald; et je n'hésite pas, en ce qui concerne les Grisons, à rattacher ces roches schisteuses aux mêmes phénomènes. Quant aux *roches basiques*, plus on s'éloigne de l'axe des Alpes, et plus elles paraissent (par exemple dans le Liechtenstein) charriées avec le Trias de la nappe austroalpine. On n'a plus le droit, dès lors, dans ces régions de nappes qu'on peut nommer *régions de détente*, de présumer une *serie spéciale* partout où il n'y a que des roches basiques.

Pour les lames granitiques, chacune paraît être le soubassement cristallin de la série correspondante, entraîné passivement par le charriage de cette série. C'est ce qu'Ed. Suess (1) a établi dès 1905; et l'on ne peut rien dire de plus pour le moment. Ce phénomène, *régional* et non plus local, est lié dans une certaine mesure à l'apparition des *blocs exotiques*, et vient donc à l'appui de l'opinion de M. H. Schardt. Sans doute, la présence des blocs exotiques n'implique pas *nécessairement et partout* l'existence de charriages et de roches écrasées. Mais on se souvient qu'Ed. Suess (2) a comparé ses

(1) Ed. Suess, *Das Inntal bei Nauders* (*Akad. d. Wissensch.*, Vienne, 1905, p. 6).
(2) Ed. Suess, *Sur la nature des charriages* (*Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 714).

arcs de charriage aux blocs de moraine de fond transportés par les glaciers. Beaucoup de *blocs exotiques* n'ont pas été apportés par des glaçons (suivant le mécanisme décrit par M. Arnold Heim), mais semblent plutôt appartenir à une *moraine de fond tectonique* (M. Limanowski), c'est-à-dire à une lame de charriage écrasée, laminée et fragmentée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sédiments marins d'origine éolienne.* Note de M. **J. Thoulet.**

L'analyse microminéralogique des poussières atmosphériques accumulées dans les parties les plus hautes des clochers d'églises conduit à des conclusions intéressant à la fois l'Océanographie et la Physique générale du Globe.

Les poussières ont été récoltées à Gérardmer et à Épinal, région de roches cristallines; à Nancy, Montpellier et Cette, régions calcaires et à Horta, dans l'île de Payal, aux Açores, région de roches volcaniques. Elles offrent un remarquable caractère d'uniformité dans leur composition; toutes contiennent en effet une extrême diversité de minéraux parmi lesquels prédominent ceux spéciaux à la région géologique à laquelle appartient la localité examinée. C'est ainsi que si toutes renferment du calcaire et des minéraux cristallins, le premier est particulièrement abondant à Nancy, à Montpellier et à Cette; les seconds à Gérardmer et à Épinal, tandis que les minéraux volcaniques constituent la majeure partie des poussières de Horta.

Tous les échantillons possèdent des chondres, globules noirs opaques, fortement magnétiques ou blancs, plus ou moins jaunes ou bruns, formés par des minéraux météoritiques fondus (péridot, pyroxène, eustatite, etc.); leur présence à Horta, où ils ne sauraient provenir de fumées d'usines, est une preuve de plus à l'appui de leur origine cosmique. Tous ont aussi de la magnétite en grains anguleux, opaques, noirs, disposés en chapelets par attraction mutuelle rémanente et également d'origine cosmique.

Tous renferment une forte proportion d'argile, tantôt amorphe, floconneuse, plus ou moins poreuse, opaque, jaunâtre, brunâtre ou rougeâtre, fixant le vert émeraude en dissolution dans l'eau ou la naphtaline monobromée; tantôt en lamelles minces, conservant fréquemment l'aspect des cristaux de pyroxène ou d'amphibole et au milieu desquelles s'aperçoivent souvent des inclusions de magnétite restées intactes. Nulle part ces produits

de la décomposition des minéraux à l'air ne sont plus abondants qu'à Horta, ainsi qu'on devait d'ailleurs s'y attendre. Mais partout l'argile, résidu final du règne minéral, est en proportion considérable.

La poussière de Horta est encore remarquable par la présence de grains de feldspath (anorthite, labrador, sanidine et orthose) et même de quartz (diam. moy. $= 0^{mm},3$) arrondis. Elle contient en outre obsidienne, basalte, augite, péridot, hornblende, hématite et chondres. Tous les grains étrangers, quelle que soit la localité où on les recueille, ne peuvent avoir été amenés que par l'action du vent.

D'autre part, une mesure opérée synthétiquement montre que ces grains, à la dimension qu'ils affectent communément, sont transportables par des vents dont la vitesse atteint à peine 2^{m} à $2^{m}.50$ par seconde et même certains faits directement observés dans la nature (pluies de pierres, etc.) sembleraient indiquer que cette évaluation est un maximum. Il en résulte que ces poussières, enlevées aux continents et portées par d'aussi faibles mouvements de l'air, puisqu'ils sont qualifiés en Météorologie de *calme* ou *presque calme*, sont dispersées, de quelque part qu'elles viennent, sur la surface entière du globe.

L'examen d'un nombre considérable d'échantillons marins et particulièrement d'échantillons profonds très éloignés des côtes, prouve que les résidus minéraux, après suppression du carbonate de chaux par l'acide étendu, offrent avec la poussière de clochers la plus complète identité de forme, d'aspect, de dimension, de nature minéralogique variée, etc. Leur apport éolien à la surface de l'océan et leur chute finale sur le sol océanique semblent donc hors de doute.

Il en est de même de l'apport éolien d'une partie, sinon de la totalité, des argiles sous-marines dont la distribution sur le sol océanique à l'état de vases profondes bleues ou rouges serait à la fois fonction du régime des vents et de celui des courants marins. Ces minéraux infiniment fins et floconneux s'accumuleraient particulièrement dans les parages de remous où les eaux tourbillonnant sur elles-mêmes ou plus tranquilles leur permettraient de descendre sur le fond et de s'y accumuler.

D'une façon générale, les dépôts marins profonds seraient d'origine surtout organique, animale ou végétale (foraminifères, diatomées, etc.), éolienne, volcanique sous-marine et cosmique.

Les sédiments côtiers résultant de phénomènes d'abrasion (action de la mer sur ses rivages), d'érosion (action des agents atmosphériques à la surface des continents) et apportés par les fleuves, et dans certains parages, d'exaration (action de la glace), se reconnaissent aisément à la dimension notablement plus forte de leurs grains et à d'autres caractères. Ils s'éloignent des rivages beaucoup moins qu'on ne l'avait supposé et se bornent à former

une étroite bordure autour des continents. L'aire occupée par ces fonds, dits *terrigènes*, est donc très petite par rapport à l'aire des fonds pélagiens ou de haute mer. Le terme même de *terrigènes*, tel qu'on l'emploie d'ordinaire, est par conséquent d'une précision discutable car, en raison du rôle important que jouent les débris enlevés aux continents par une action éolienne et transportés sur la surface entière du globe, on serait en droit de l'appliquer à tout le lit océanique.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 14 mars 1910 (suite).

Die sechzehnte allgemeine Konferenz der internationalen Erdmessung zu London-Cambridge, September 1909, von F.-R. Helmert. (Extr. de *Zeitschrift für Vermessungswesen*, année 1909, fasc. 36.) Stuttgart, 1909; 1 fasc. in-8°.

Theorie der astrographischen Ortsbestimmung, von L. de Ball. Vienne, Alfred Hölder, 1909; 1 fasc. in-8°.

The magnetic storm of september 25, 1909, *and the associated solar disturbance*, by William-J.-S. Lockyer. (Extr. de *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, t. LXX, n° 1.) Edimbourg, Neill et Cie; 1 fasc. in-8°.

Die Tiefe der Ausgleichsfläsche bei der Prattschen Hypothese für das Gleichgewicht der Erdkruste und der Verlauf der Schwerestörung vom Innern der Kontinente und Ozeane nach den Küsten, von F.-R. Helmert. (*Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften*, 25 November 1909.) Berlin; 1 fasc. in-8°.

A report on the influence of forests on climate and on floods, by Willis-L. Moore. (House of representatives, United States Committee on Agriculture.) Washington, 1910; 1 fasc. in-8°.

A barometer manual for the use of seamen; with an appendix on the thermometer, hygrometer and hydrometer; issued by the authority of the Meteorological Committee. (*Official*, n° 61.) Londres, 1909; 1 fasc. in-8°.

Come il termoscopio ad aria fu transformato in termometro a liquido: Memoria del Prof. Ignazio Galli. Rome, 1909; 1 fasc. in-4°.

Die Entwicklung der Eisenindustrie in Deutschland, von W. Mathesius. Berlin, *Königlichen technischen Hochschule*, 1910; 1 fasc. in-4°.

Zur Zerlegung des Ytterbiums, von C. Auer v. Welsbach. Vienne. Alfred Hölder, 1909; 1 fasc. in-8°.

Il vulcanismo nel terremoto Calabro-Siculo del 28 *diciembre* 1908, per Leonardo Ricciardi. (Extr. du *Boll. della Soc. di Nat. in Napoli*, t. XXIII, 1909.) Naples, Francesco Giannini et fils, 1909; 1 fasc. in-8°.

Catalogue of publications of the Geological Survey, Canada, revised to january, 1909. Ottawa, 1909; 1 fasc. in-8°.

A descriptive sketch of the Geology, and economic mineral of Canada, by G.-A. Young; *Introduction*, by R.-W. Brock. Ottawa, 1909; 1 fasc. in-8°.

United States Geological Survey. Professional papers. 64 : *The Yakutat bay regeion, Alaska, Physiography and glacial Geology*, by Ralph-S. Tarr. *Areal Geology*, by Ralph-S. Tarr and Bert-S. Butler. — 66 : *The Geology and ore depositis of Goldfield, Nevada*, by Frederick Leslie Ransome, assisted in the field by W.-H. Emmons and G.-H. Garrey.— 67 : *Landslides in the San Juan Mountains, Colorado, including a consideration of their causes and their classification*, by Ernest Howe. Washington, Government Printing Office, 1909; 3 vol. in-4°.

Smithsonian Institution. United States National Museum. *Report on the progress and condition of the U. S. National Museum for the year ending june* 30, 1908. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Report of the agricultural research Institute and College Pusa, including report of the imperial cotton specialist, 1907-1909. Calcutta, superintendent Government Printing, India, 1909; 1 fasc. in-8°.

Prospectus of the agricultural research Institute and College Pusa, sanctioned by the Government of India, Revenu and Agricultural Department. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.

Report on the progress of Agriculture in India for 1907-1909. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.

Verslag omtrent den staat van het Algemeen-Proefstation te Salatiga en de daarbij behoorende hulp-inrichtingen over het jaar 1908. Java; 1 vol. in-4°.

Gulf biological Station. Cameron, La. Bulletin n° 14 : *A few notes the habits, life history and economic value of doves*, by Wm-H. Gates. Baton-Rouge, 1909; 1 fasc. in-8°.

Annotated list of the Asiatic Beethles in the collection of the Indian Museum, edited by the superintendent Natural History Section; part I : *Family Carabidæ, subfamily Cicindelinæ*, by N. Annandale and Walther Horn. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie le décès de M. *Julius Kühn*, Professeur à l'Université de Halle, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, mort le 14 avril, à l'âge de 85 ans.

CORRESPONDANCE.

Mme **Charcot** adresse à l'Académie, de la part de M. *Jean Charcot*, un exemplaire des Cartes provisoires levées, au cours de l'Expédition du *Pourquoi-Pas?*, par MM. Bongrain et Prouch, Enseignes de vaisseau.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Le Tome XX et dernier de l'édition nationale des *Opere di Galileo Galilei*.

2° Le *XXIe Bulletin chronométrique de l'Observatoire de Besançon*, année 1908-1909, publié par M. A. Lebeuf, Directeur de l'Observatoire.

3° *Fabrication et emploi des matériaux et produits réfractaires utilisés dans l'industrie*, par M. Albert Granger. (Présenté par M. Troost.)

ASTRONOMIE. — *La parallaxe solaire déduite des observations micrométriques d'Éros faites en* 1900-1901. Note de M. **Arthur-R. Hinks**, présentée par M. B. Baillaud.

Les résultats de la discussion de l'ensemble des observations de la planète Éros que j'ai eu l'honneur d'annoncer à la réunion du Comité permanent

de la Carte du Ciel, en avril 1909, comprenaient les résultats définitifs pour les observations photographiques; mais pour les observations micrométriques les résultats n'étaient que provisoires. Pendant ces derniers mois, j'ai achevé la discussion définitive de ces mesures; voici le résultat.

Il y a eu deux catégories d'observations micrométriques : 1° les mesures proprement dites, dans lesquelles la planète est liée à une étoile par des mesures micrométriques directes; 2° les observations de passages, où les distances sont en général beaucoup plus grandes, la lunette est restée fixe, et les différences d'ascension droite entre la planète et l'étoile sont enregistrées par chronographe.

1. *Mesures micrométriques.* — Le mouvement diurne de la planète était si grand qu'il n'était pas possible d'employer la même étoile le soir que le matin. Par conséquent l'incertitude qui reste dans les positions des étoiles, tirées de mon catalogue photographique normal, peut avoir une influence sensible dans les équations de condition formées des observations d'un seul observatoire. On peut éviter cette influence, en partie, par la combinaison des observations de divers observatoires offrant de grandes différences de longitude.

Dans cette recherche j'ai adopté l'erreur tabulaire de l'éphéméride de la planète déduite des observations photographiques. La forme de l'équation de condition devient donc

$$\Delta\alpha + a\mathrm{P} + m = 0,$$

où $\Delta\alpha$ est le résidu de l'erreur tabulaire, a la parallaxe tabulaire avec $\pi = 8'',80$; $(1 + \mathrm{P}) \times 8'',80$ la parallaxe véritable.

Comme autrefois, les observations sont divisées en groupes, par demi-périodes de l'équation lunaire.

1. En combinant les observations des divers observatoires suivant les poids déduits des observations mêmes, nous avons :

Groupe.	P.	Poids.
0	−0,00251	91
I	+0,00051	345
II	+0,00154	1301
III	−0,00166	1194
IV	+0,00056	1146
V	−0,00072	1290
VI	+0,00334	695
VII	+0,00050	490

d'où

$$\pi = 8'',803 \pm 0'',0034.$$

II. En combinant toutes les observations dans un seul groupe nous avons

$$\pi = 8'',808.$$

III. En séparant les observations de chaque observatoire dans un seul groupe, on peut déduire un résultat pour chaque observatoire. Si nous combinons ces résultats selon leurs poids nous avons

$$\pi = 8'',807 \pm 0'',0072.$$

On doit remarquer ici que, si nous n'avons pas introduit dans les équations de condition le facteur $\cos\delta$, c'est parce que les observations pour lesquelles $\cos\delta$ est plus petit sont faites, au contraire, dans des conditions plus favorables, exigeant une telle compensation des poids. Si néanmoins nous introduisons le facteur $\cos\delta$ nous avons :

IV. (Modification de I)

$$\pi = 8'',804 \pm 0'',0035.$$

V. (Modification de II)

$$\pi = 8'',808.$$

VI. (Modification de III)

$$\pi = 8'',808 \pm 0'',0074,$$

et les résultats sont à peu près identiques aux précédents.

2. *Passages.* — Si l'étoile de comparaison n'est pas tout à fait de la même grandeur que la planète, la différence d'ascension droite enregistrée sur le chronographe est affectée par l'équation de grandeur qui ne s'élimine que si la même étoile est employée le soir et le matin. Cela peut introduire dans les observations de cette catégorie une erreur assez grave. Dans la plupart des séries les observations ne sont pas suffisamment nombreuses pour rendre possible la détermination de cette erreur. Nous avons une seule série, propre pour cette expérience, la grande série faite par Perrotin avec l'équatorial de 30^{cm} de l'Observatoire de Nice. Perrotin n'a publié qu'une solution préliminaire pour cette série, sans explication précise de sa méthode de réduction. Il trouve

$$\pi = 8'',81.$$

Dans mes calculs pour cette série j'ai réduit chaque observation à la position de l'étoile donnée par mon catalogue normal. Et comme autrefois j'ai divisé les observations en groupes par demi-périodes de l'équation lunaire.

V. Si nous employons toutes les observations (sauf quelques-unes très en désaccord),

nous avons

$$\pi = 8'',816 \pm 0'',0306.$$

VI. Si nous n'utilisons que les observations employant les mêmes étoiles le soir et le matin

$$\pi = 8'',809 \pm 0'',0310.$$

VII. Si nous comparons directement les groupes de la soirée et du matin, comme l'a fait Perrotin, nous avons

$$\pi = 8'',816 \pm 0'',0318.$$

Ces trois résultats sont donc en accord avec le résultat de Perrotin, $\pi = 8'',81$, sans indication de l'erreur probable.

Les autres séries d'observations de passages sont beaucoup moins complètes et donnent des résultats peu en accord avec les autres.

VIII. Si nous utilisons ces observations, nous avons pour résultat de toutes les séries de passages

$$\pi = 8'',839 \pm 0'',0146.$$

IX. Si nous divisons toutes les observations de passages en groupes de 14 jours, comme autrefois, nous avons

$$\pi = 8'',835 \pm 0'',076.$$

Conclusions. — Il est bien évident que les observations de passages donnent un résultat beaucoup moins précis que les mesures micrométriques, et cette conclusion était bien attendue, seulement il est bien difficile de combiner ces solutions différentes avec des poids justes.

Les quatres résultats principaux sont :

I.	$\pi = 8'',803 \pm 0'',0034,$
III.	$\pi = 8'',807 \pm 0'',0072,$
VIII.	$\pi = 8'',839 \pm 0'',0146,$
IX.	$\pi = 8'',835 \pm 0'',0176,$

dont VIII et IX sont beaucoup plus sujets à des erreurs systématiques que I et III. De plus, si nous jugeons seulement ces résultats VIII et IX par leurs erreurs probables, nous ne pouvons leur donner un poids sensible.

Il me semble que nous pouvons conclure pour le résultat définitif des observations micrométriques

$$\pi = 8'',806 \pm 0'',004,$$

résultat qui s'accorde absolument avec le résultat annoncé il y a une année pour les observations photographiques, et qui clôture bien l'entreprise.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Halley.* Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats d'une observation de la comète de Halley, faite le 17 avril à l'Observatoire de Paris, de 16^h à 18^h (temps astronomique).

Cet astre, qui nous apparut toujours très faible à M. Chatelu et à moi, qui l'avons régulièrement observé à l'équatorial de l'Est du 5 novembre 1909 au 7 mars 1910, est considérablement grossi. Estimé 9,5 le 7 mars, sa grandeur est actuellement comprise entre 2 et 2,5. Le Soleil était levé que la comète continuait à être facilement visible au chercheur de 4 pouces.

Si l'on se base sur les distances au Soleil et à la Terre fournies par les éphémérides et sur le nombre 2,5 adopté par le Bureau des Longitudes pour fixer la relation entre l'éclat et la grandeur, la grandeur de la comète de Halley atteindrait, les 18, 19 et 20 mai, les valeurs négatives de (— 1,3) à (— 1,8). C'est dire que l'astre deviendrait plus brillant que les étoiles de première grandeur.

La tête de la comète est formée d'une nébulosité circulaire de 30″ à 35″ de diamètre avec forte condensation centrale. Son apparence est stellaire. On ne distingue aucune queue, sinon un petit renflement de la nébulosité circulaire, dans l'angle de position de 350° et mesurant à peine une minute d'arc de longueur.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une nouvelle classe de surfaces.* Note de M. **Tzitzéica**.

Considérons une surface S pour laquelle on a $K : p^n = \text{const.}$, K étant la courbure totale en un point M et p la distance d'un point fixe O au plan tangent en M à S. Si l'on suppose S rapportée à ses lignes asymptotiques (u, v), les coordonnées x, y, z de M sont trois intégrales linéairement indépendantes d'un système de la forme

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} = a\frac{\partial \theta}{\partial u} + b\frac{\partial \theta}{\partial v}, \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u\,\partial v} = h\theta, \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial v^2} = a'\frac{\partial \theta}{\partial u} + b'\frac{\partial \theta}{\partial v},$$

et réciproquement. Dans le cas où S n'est pas réglée, on peut prendre

$$a = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial u}, \qquad b = \frac{1}{h}, \qquad a' = \frac{1}{h}, \qquad b' = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v},$$

et h est alors une intégrale de l'équation

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 \log h}{\partial u\,\partial v} = h - \frac{1}{h^3},$$

peu différente de celle qui intervient dans l'étude des surfaces à courbure totale constante.

1. Cela étant, on peut trouver pour ces surfaces S une transformation dépendant de quatre constantes arbitraires et qui, appliquée successivement, permet d'en déduire de nouvelles surfaces S contenant autant de constantes que l'on voudra.

Posons en effet

$$x_1 = x - \frac{1+c}{h}\frac{\partial \log R}{\partial v}\frac{\partial x}{\partial u} - \frac{1-c}{h}\frac{\partial \log R}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v}$$

et des formules analogues pour y_1 et z_1; R étant une intégrale du système complètement intégrable

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 R}{\partial u^2} = \dfrac{1}{h}\dfrac{\partial h}{\partial u}\dfrac{\partial R}{\partial u} - \dfrac{1+c}{1-c}\dfrac{1}{h}\dfrac{\partial R}{\partial v}, \qquad \dfrac{\partial^2 R}{\partial u\,\partial v} = hR, \\ \dfrac{\partial^2 R}{\partial v^2} = -\dfrac{1-c}{1+c}\dfrac{1}{h}\dfrac{\partial R}{\partial u} + \dfrac{1}{h}\dfrac{\partial h}{\partial v}\dfrac{\partial R}{\partial v}, \end{cases}$$

et c une constante arbitraire. Comme x_1, y_1, z_1 vérifient un système de la forme (1), le point $M_1(x_1, y_1, z_1)$ décrit une surface S_1 pour laquelle on a, comme pour S, $K : p^4 = \text{const}$. Or l'intégrale générale de (3) dépend de trois constantes arbitraires; la surface S_1 en contient par conséquent quatre.

Les droites MM_1 qui joignent les points correspondants de S et S_1 forment une congruence admettant S et S_1 comme surfaces focales. Comme sur ces surfaces il y a correspondance des lignes asymptotiques, la congruence est W.

Si l'on considère deux intégrales R_1 et R_2 linéairement indépendantes de (3) et les surfaces S_1 et S_2 correspondantes, parmi les transformées de S_1 et de S_2, il y a, en dehors de S, une et une seule commune.

2. A cette transformation géométrique des surfaces S correspond une méthode simple pour obtenir, à partir d'une intégrale h de l'équation (2), d'autres intégrales dépendant de constantes en nombre indéfini. Si R est en effet l'intégrale générale de (3),

$$h_1 = -h + \frac{2}{R^2}\frac{\partial R}{\partial u}\frac{\partial R}{\partial v}$$

est une nouvelle intégrale de (2) dépendant de quatre constantes arbitraires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation fonctionnelle linéaire.* Note [1] de M. **A. Blondel**, présentée par M. Émile Picard.

La présente Note a pour but de montrer que, si l'on connaît les nombres fondamentaux et les fonctions fondamentales d'un noyau $K(x, y)$, on saura résoudre l'équation fonctionnelle

$$(1)\quad \varphi(x_1, \ldots, x_p) = \lambda \int_a^b \cdots \int_a^b K\begin{pmatrix} x_1, \ldots, x_p \\ y_1, \ldots, y_p \end{pmatrix} \varphi(y_1, \ldots, y_p)\, dy_1 \ldots dy_p + f(x_1, \ldots, x_p),$$

où l'on a posé

$$K\begin{pmatrix} x_1, & \ldots, & x_p \\ y_1, & \ldots, & y_p \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} K(x_1, y_1) & \ldots & K(x_1, y_p) \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ K(x_p, y_1) & \ldots & K(x_p, y_p) \end{vmatrix}.$$

et de trouver le développement de certaines fonctions de plusieurs variables, au moyen des fonctions fondamentales de $K(x, y)$.

Supposons d'abord $K(x, y)$ *symétrique en* x, y, *et continu.* Soient $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ les nombres fondamentaux, qui sont réels, rangés par ordre de modules non décroissants, $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ... les fonctions fondamentales correspondantes.

Pour simplifier l'écriture, nous poserons

$$\varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(x_1, \ldots, x_p) = \begin{vmatrix} \varphi_{\alpha_1}(x_1) & \ldots & \varphi_{\alpha_p}(x_1) \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ \varphi_{\alpha_1}(x_p) & \ldots & \varphi_{\alpha_p}(x_p) \end{vmatrix}.$$

où nous supposerons $\alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_p$.

On aura alors les égalités

$$\int_a^b \cdots \int_a^b \varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(x_1, \ldots, x_p)\, \varphi_{\beta_1, \ldots, \beta_p}(x_1, \ldots, x_p)\, dx_1 \ldots dx_p = \begin{cases} p! & (\text{si } \alpha_1 = \beta_1, \ldots, \alpha_p = \beta_p). \\ 0 & (\text{dans le cas contraire}). \end{cases}$$

Théorème I. — *Si la série* $\sum_i \frac{\varphi_i(x)\, \varphi_i(y)}{\lambda_i}$ *est uniformément convergente, on sait qu'elle représente* $K(x, y)$. *Dans ce cas, on pourra développer* $K\begin{pmatrix} x_1, \ldots, x_p \\ y_1, \ldots, y_p \end{pmatrix}$ *sous la forme*

$$(2)\quad K\begin{pmatrix} x_1, & \ldots, & x_p \\ y_1, & \ldots, & y_p \end{pmatrix} = \sum \frac{1}{\lambda_{\alpha_1} \ldots \lambda_{\alpha_p}} \varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(x_1, \ldots, x_p)\, \varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(y_1, \ldots, y_p).$$

---

[1] Présentée dans la séance du 4 avril 1910.

où la série multiple du second membre converge uniformément, lorsque les x et les y sont compris entre a et b.

La démonstration consiste à appliquer le théorème de Cauchy au produit des deux matrices

$$\left\| \begin{matrix} \lambda_1^{-\frac{1}{2}}\varphi_1(x_1) & \dots & \lambda_n^{-\frac{1}{2}}\varphi_n(x_1) \\ \dots\dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \lambda_1^{-\frac{1}{2}}\varphi_1(x_p) & \dots & \lambda_n^{-\frac{1}{2}}\varphi_n(x_p) \end{matrix} \right\| \quad \text{et} \quad \left\| \begin{matrix} \lambda_1^{-\frac{1}{2}}\varphi_1(y_1) & \dots & \lambda_n^{-\frac{1}{2}}\varphi_n(y_1) \\ \dots\dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \lambda_1^{-\frac{1}{2}}\varphi_1(y_p) & \dots & \lambda_n^{-\frac{1}{2}}\varphi_n(y_p) \end{matrix} \right\|$$

et à faire croître ensuite n indéfiniment.

De l'équation (2) on tire par intégration

$$(3) \qquad \frac{1}{p!}\int_a^b \cdots \int_a^b \mathrm{K}\begin{pmatrix} x_1, & \dots, & x_p \\ x_1, & \dots, & x_p \end{pmatrix} dx_1 \dots dx_p = \sum \frac{1}{\lambda_{\alpha_1} \dots \lambda_{\alpha_p}}$$

et

$$(4) \qquad \frac{1}{p!}\int_a^b \cdots \int_a^b \mathrm{K}\begin{pmatrix} \xi_1, & \dots, & \xi_n; & x_1, & \dots, & x_p \\ \eta_1, & \dots, & \eta_n; & x_1, & \dots, & x_p \end{pmatrix} dx_1 \dots dx_p$$
$$= \sum \frac{1}{\lambda_{\alpha_1} \dots \lambda_{\alpha_p}} \left\| \begin{matrix} \varphi_{\alpha_1}(\xi_1) & \dots & \varphi_{\alpha_{n+p}}(\xi_1) \\ \dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \varphi_{\alpha_1}(\xi_n) & \dots & \varphi_{\alpha_{n+p}}(\xi_n) \end{matrix} \right\| \times \left\| \begin{matrix} \varphi_{\alpha_1}(\eta_1) & \dots & \varphi_{\alpha_{n+p}}(\eta_1) \\ \dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \varphi_{\alpha_1}(\eta_n) & \dots & \varphi_{\alpha_{n+p}}(\eta_n) \end{matrix} \right\|.$$

Remarquons que la formule (2) montre que, pour qu'un noyau symétrique soit défini positif, il est nécessaire que $\mathrm{K}\begin{pmatrix} x_1, & \dots, & x_p \\ x_1, & \dots, & x_p \end{pmatrix}$ soit positif. Cela résulte de ce fait que les λ sont alors tous positifs, et que le développement de $\mathrm{K}(x, y)$ est toujours possible. (Mercer, *Philos. Trans.*, vol. CCIX.)

Théorème II. — *Si une fonction $\Phi(x_1, \dots, x_p)$ peut se mettre sous la forme*

$$\Phi(x_1, \dots, x_p) = \int_a^b \cdots \int_a^b \mathrm{K}\begin{pmatrix} x_1, & \dots, & x_p \\ y_1, & \dots, & y_p \end{pmatrix} h(y_1, \dots, y_p)\, dy_1 \dots dy_p,$$

elle peut se développer sous la forme

$$(5) \qquad \Phi(x_1, \dots, x_p) = \sum \mathrm{A}_{\alpha_1, \dots, \alpha_p} \varphi_{\alpha_1, \dots, \alpha_p}(x_1, \dots, x_p),$$

où $\mathrm{A}_{\alpha_1, \dots, \alpha_p}$ est donné par l'égalité

$$(6) \qquad \mathrm{A}_{\alpha_1, \dots, \alpha_p} = \frac{1}{p!}\int_a^b \cdots \int_a^b \Phi(x_1, \dots, x_p)\, \varphi_{\alpha_1, \dots, \alpha_p}(x_1, \dots, x_p)\, dx_1 \dots dx_p.$$

Pour le démontrer, j'emploie le théorème de E. Schmidt sur le développement des fonctions qui peuvent se mettre sous la forme

$$\int_a^b K(x, y)\, h(y)\, dy.$$

Théorème III. — *Les nombres fondamentaux du noyau symétrique*

$$K\begin{pmatrix} x_1, \ldots, x_p \\ y_1, \ldots, y_p \end{pmatrix}$$

sont $\frac{\lambda_{\alpha_1}, \ldots, \lambda_{\alpha_p}}{p!}$, *et les fonctions fondamentales normales correspondantes sont*

$$\frac{1}{\sqrt{p!}}\varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(x_1, \ldots, x_p).$$

Il suffit de vérifier que ce sont bien des nombres fondamentaux et des fonctions fondamentales. Il n'y en a pas d'autres; cela résulte du théorème précédent et du théorème déjà cité de E. Schmidt, appliqué au noyau

$$K\begin{pmatrix} x_1, \ldots, x_p \\ y_1, \ldots, y_p \end{pmatrix}.$$

Théorème IV. — *L'égalité* (5) *subsiste encore, pourvu qu'on ait seulement l'égalité numérique*

$$\frac{1}{p!}\int_a^b \cdots \int_a^b [\Phi(x_1, \ldots, x_p)]^2\, dx_1 \ldots dx_p = \sum A^2_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}.$$

Pour le faire voir, je démontre que la série multiple $\Sigma A^2_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}$ est convergente et que $\Sigma A_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}\varphi_{\alpha_1, \ldots, \alpha_p}(x_1, \ldots, x_p)$ est uniformément convergente.

Ne supposons plus maintenant $K(x, y)$ *symétrique.* Soient $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ les nombres fondamentaux, qu'on peut supposer positifs;

$$\varphi_1(x), \quad \varphi_2(x), \quad \ldots,$$
$$\psi_1(x), \quad \psi_2(x), \quad \ldots$$

les fonctions principales correspondantes.

Les théorèmes I, II et III se généralisent immédiatement. De III résulte qu'on saura résoudre l'équation (1).

Je donnerai ailleurs les démonstrations complètes.

MÉCANIQUE. — *Sur le mode d'action des roues motrices.* Note de M. **A. Petot.**

Quand on étudie comparativement les divers genres de véhicules automoteurs, la première question qui se pose est de voir, pour chacun d'eux, de quelle façon les roues motrices entraînent le châssis. On croit généralement que c'est par l'intermédiaire de leurs essieux et des organes annexes. C'est en effet ce qui se passe le plus souvent, mais il n'y a rien là de nécessaire; les essieux des roues motrices peuvent très bien retenir le châssis au lieu de le pousser. Voici comment s'explique ce fait, d'aspect paradoxal, dont nous donnerons plus loin un exemple tiré de l'étude de la locomotive.

Chaque roue motrice est en relation avec le châssis, d'abord par son essieu, qui porte une partie de la charge, comme celui d'une roue traînée, et, en outre, par un certain mécanisme A, qui lui communique le mouvement du moteur. Les actions motrices exercées par ce mécanisme peuvent être réduites, en général, à un couple Φ et à une force F appliquée au centre O de la roue. Soient X la composante horizontale de F évaluée dans le sens du mouvement, Y sa composante verticale comptée positivement du bas vers le haut, et T l'effort de locomotion disponible à la jante de la roue. On sait que l'essieu doit transmettre au châssis l'effort horizontal $X + T$, somme algébrique de X et de T; il le pousse donc, ou le retient, suivant que cette somme est positive ou négative. L'entraînement du châssis se fait, dans le premier cas, par les organes annexes B de l'essieu, et, dans le second, par le mécanisme A lui-même.

C'est le dispositif adopté pour le mécanisme A qui donne à chaque genre de véhicule son caractère distinctif. Les organes B doivent en effet être choisis d'après ce dispositif, et tous les autres éléments essentiels s'en déduisent presque forcément, avec des variantes portant seulement sur des détails. Si, par exemple, le mécanisme A est tel que la force X ait une valeur positive élevée, ce mécanisme retenant énergiquement le châssis, qui en reçoit la force $-X$ dirigée vers l'arrière, il faut, par compensation, que les organes B exercent un effort d'entraînement bien supérieur à T, et l'on doit les établir en conséquence. Au contraire, si la force X est négative et plus grande que T en valeur absolue, le mécanisme A exerçant à lui seul un effort d'entraînement $-X$ supérieur à T, il faut bien que les organes B retiennent de leur côté le châssis, et l'on doit, cette fois, les disposer en vue de cette seconde fonction différente de la première.

Dans le cas des automobiles à chaînes, avec moteur à quatre cylindres, la somme $X + T$ a constamment, à part quelques instants très courts, une valeur positive assez élevée, et l'on voit que les tendeurs de chaînes ont à jouer le rôle de bielles de poussée. Ce résultat bien connu tient d'ailleurs uniquement à ce que les pignons de chaînes sont en avant des roues motrices. Si les roues d'avant étaient motrices et les pignons de chaînes en arrière de ces roues, tout changerait; l'entraînement du châssis se ferait par les chaînes et, en même temps, les tendeurs deviendraient des bielles de retenue.

Le problème se complique un peu dans le cas des voitures à cardans, parce que le mécanisme A n'est plus complètement distinct des organes B. On doit pour cela tenir compte, non seulement des forces X et T, mais encore des multiples réactions qui s'exercent entre ce mécanisme et ces organes. Les résultats que l'on obtient sont, à cause de la grande variété des dispositifs adoptée, trop complexes pour qu'il soit possible de les résumer ici. Je citerai seulement une propriété simple, commune à tous ces dispositifs, à savoir que la force X y est beaucoup moins élevée, toutes choses égales d'ailleurs, que dans le cas des transmissions par chaînes. Elle explique que l'on ait pu, au début de l'automobilisme, quand les voitures à cardans étaient de faible puissance, faire entraîner directement le châssis par les ressorts, sans employer ni bielles de poussée, ni jambes de force.

Dans le cas de la locomotive, le système A comprend pour chaque cylindre : le fluide évoluant, le piston, sa tige, la crosse et la bielle; il fait ainsi partie intégrante du moteur. On doit tenir compte des forces d'inertie qui se développent dans sa masse, car elles se comportent comme des forces extérieures et sont transmises au châssis en même temps que l'effort de la locomotion T. En outre, comme on ne peut pas déterminer séparément cet effort pour chacune des roues motrices et pour les roues des essieux accouplés, du moins sans faire intervenir les propriétés élastiques du système, ce qui présenterait de grandes difficultés, il faut considérer ici les sommes ΣX et ΣT étendues à toutes ces roues.

On a, avec les notations ordinaires,

$$\Sigma T = \Sigma \frac{\Phi}{R} - \Sigma N f_1 - \Sigma I \frac{d\omega}{dt} \tag{1}$$

et

$$\Sigma X = S - S' + F_i. \tag{2}$$

en désignant par S la somme des pressions de la vapeur sur les fonds arrière

des cylindres, par S' la somme analogue pour les fonds avant, et par F_i la résultante des forces d'inertie horizontales du mécanisme A, évaluée positivement vers l'avant. Tous les éléments qui interviennent dans la question peuvent ainsi être déterminés, soit par le calcul, soit à l'aide de graphiques. Voici les résultats qu'on obtient dans le cas où la vitesse est assez faible pour que la force d'inertie F_i soit négligeable.

Pendant le demi-tour de roues où l'on a $S > S'$, l'essieu moteur et les essieux accouplés poussent constamment le châssis par l'intermédiaire des plaques de garde avant. L'effort total de poussée $S - S' + \Sigma T$ peut monter, par exemple, jusqu'à 20000^{kg}, tandis que ΣT ne dépasse guère 4000^{kg}. Cela tient à ce que la vapeur, qui fait partie du système A, exerce sur le châssis, par les fonds du cylindre, un effort de retenue égal à $S - S'$, qui doit être équilibré par un effort de poussée supplémentaire de même valeur.

Au contraire, pendant l'autre demi-tour, où l'on a $S' > S$, les mêmes essieux retiennent le châssis par l'intermédiaire des plaques de garde arrière, dès que la différence $S' - S$ est supérieure à ΣT. C'est alors la vapeur qui pousse directement le châssis, par les fonds des cylindres, malgré les efforts de retenue exercés par les essieux.

Le châssis d'une locomotive est donc, à chaque tour de roues, alternativement poussé et retenu par l'ensemble des essieux moteurs et accouplés. Pratiquement, on doit répartir aussi également que possible l'effort total de poussée $S - S' + \Sigma T$ entre ces divers essieux. Le calcul montre que la disposition ordinaire des bielles d'accouplement est pour cela avantageux, et qu'il faut, par contre, éviter le dispositif, employé quelquefois, qui consiste à articuler ces bielles aux extrémités de deux manivelles spéciales, calées à 180° des manivelles motrices. On s'expose en effet, dans ce cas, à ce que les essieux accouplés retiennent précisément le châssis à l'instant où l'essieu moteur doit le pousser.

PHYSIQUE. — *Sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures.* Note de MM. **C.-E. Guye** et **H. Schapper**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons poursuivi l'étude du frottement intérieur des métaux aux basses températures en employant la même méthode et le même dispositif que MM. C.-E. Guye et V. Freedericksz [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 6 décembre 1909.

Ces nouvelles recherches ont porté sur le *cuivre*, le *zinc*, *l'or*, le *nickel*, le *palladium* et le *platine*. Le Tableau suivant les résume ; les plus grandes amplitudes étaient comprises entre 1°,5 et 2°.

		Cuivre.	Zinc.	Or.	Nickel.	Palladium.	Platine.
		—	—	—	—	—	—
	Longueur.....	22cm,5.	22cm,3.	22cm,3.	22cm,2.	22cm,2.	23cm,0.
	Diamètre.....	0mm,6426.	0mm,5057.	0mm,6092.	0mm,4113.	0mm,5532.	0mm,8117.
100°	C_0.....	**24,06**	000,0	**27,49**	**1,336**	**1,674**	**2,976**
	T.....	2s,381	»	3s,010	3s,831	2s,579	1s,143
	$N \times 10^{-11}$....	3,320	»	2,549	7,539	5,083	5,769
50°	C_0.....	**8,248**	**277,6**	**8,592**	**0,7664**	**0,9286**	**3,457**
	T.....	2s,358	4s,430	2s,988	3s,801	2s,576	1s,135
	$N \times 10^{-11}$....	3,385	2,313	2,586	7,658	5,095	»
0°	C_0.....	**5,877**	**197,3**	**4,818**	**0,4172**	**1,249**	**4,596**
	T.....	2s,336	4s,026	2s,969	3s,754	2s,571	1s,133
	$N \times 10^{-11}$....	3,449	2,383	2,620	7,851	5,115	»
—80°	C_0.....	**3,780**	**36,28**	**3,093**	**0,8372**	**1,175**	**4,276**
	T.....	2s,306	3s,622	2s,940	3s,677	2s,566	1s,123
	$N \times 10^{-11}$....	3,539	2,940	2,672	8,183	5,135	»
—195°	C_0.....	**3,643**	**10,42**	**6,358**	**0,5558**	**0,7444**	**3,024**
	T.....	2s,274	3s,539	2s,902	3s,577	2s,552	1s,111
	$N \times 10^{-11}$....	3,640	3,084	2,742	8,647	5,191	6,098

C_0, coefficient d'amortissement réduit aux amplitudes infiniment petites.
T, période d'oscillation.
N, second module d'élasticité.

L'examen de ce Tableau met en évidence les points suivants :

1° Le cuivre et le zinc ont des coefficients d'amortissement franchement décroissants, comme l'argent, l'aluminium et le fer.

2° L'or a montré le même relèvement de coefficient à la température de l'air liquide que dans les expériences antérieures.

3° Le nickel, le palladium et le platine (métaux peu fusibles) ont des coefficients d'amortissement trop petits pour qu'il soit permis de conclure avec certitude à une loi de variation de ce coefficient avec la température.

Cependant pour le platine (métal pour lequel les expériences ont été effectuées sur 9 fils de trois diamètres différents) nous avons toujours trouvé à 0° et à — 80° un coefficient C_0 plus grand qu'à + 100° et qu'à — 195°.

4° Comme dans les expériences précédentes, nous avons constaté que le coefficient C_0 varie en fonction linéaire de l'amplitude et que le deuxième module d'élasticité augmente lorsque la température s'abaisse.

En résumé, l'ensemble de ces expériences et celles de la Note citée ne

permettent pas de considérer en général le coefficient d'amortissement C comme décroissant constamment au fur et à mesure que la température s'abaisse. Chaque fois qu'on modifie la température ou l'action mécanique (tension du fil, amplitude, etc.), il tend à se produire, plus ou moins rapidement, un équilibre nouveau, et ce nouvel équilibre agit sur le coefficient C alors qu'il laisse presque intacte la valeur du module d'élasticité. Des fils de platine en apparence identiques, ayant subit simultanément le même recuit, ont des coefficients C souvent très différents. Il n'est donc pas possible, dans ces conditions, d'établir une relation certaine entre les dimensions du fil et le coefficient C. Le même fait a été observé sur des fils d'or recuits, malgré la grande pureté de ce métal [1].

PHYSIQUE. — *Mouvements d'un liquide dans un tube.* Note de M. Menneret, présentée par M. E. Bouty.

I. *Oscillations d'une colonne liquide dans un tube en* U. — Soient a_1 et a_3 deux amplitudes consécutives d'un même côté de la position d'équilibre; l'amortissement est alors $\frac{a_1}{a_3}$ que j'appelle A. Pour éliminer l'erreur de zéro provenant de la petite quantité de liquide adhérente à la paroi, on fait l'observation (au cathétomètre) en produisant la même amplitude initiale a_1 soit au-dessus, soit au-dessous de la position d'équilibre, et l'on prend pour a_3 la moyenne $\frac{a_3' + a_3''}{2}$.

On sait que la période T′ du mouvement amorti est

$$T' = T\sqrt{1 + \frac{\log^2 A}{4\pi^2 \log^2 e}};$$

T période, dans le cas d'un amortissement nul, est donné par

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}},$$

l étant la longueur de la colonne liquide.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Le mouvement oscillatoire se fait suivant deux régimes selon la nature de l'amortissement.

---

[1] C.-E. Guye et V. Freedericksz, *Arch. de Genève*, janv., févr., mars 1910.

Le premier régime se produit lorsque A est $> 3,16$ (c'est-à-dire $> \sqrt{10}$), quels que soient le liquide et les dimensions de la colonne. Dans ce régime, $\frac{a_1}{a_3}$ est indépendant de l'amplitude.

Le second régime se produit lorsque $\frac{a_1}{a_3} < 3,16$, quels que soient le liquide et les dimensions de la colonne. Dans ce régime, l'amortissement $\frac{a_1}{a_3}$ est une fonction de l'amplitude qui s'écrit

$$\frac{a_1}{a_3} = \left(\frac{a_1}{a_3}\right)_0 \left(1 + \frac{k}{rl} a_1^2\right);$$

r, rayon ; l, longueur de la colonne liquide. k est alors une constante indépendante de la nature du liquide et des dimensions de la colonne liquide.

Pour les deux régimes, le coefficient de frottement η est le même, et l'on est conduit à admettre que la longueur du chemin suivant lequel s'effectuent les frottements est l dans le premier régime, et $\frac{l}{2 \log A_0}$ (pour amplitudes très petites) dans le second régime, ce qui indique la production d'un mouvement complexe (tourbillons), car $2 \log A_0$ est < 1 dans le second régime.

2° Le coefficient de frottement η (que l'on mesure par la méthode de Poiseuille) est donné ici par :

(1) Premier régime..... $\eta = \frac{\mu r^2 \log A}{4 T' \log e}$

(2) Deuxième régime..... $\eta = \frac{\mu r^2 \log^2 A_0}{4 T' \log e}$

Dans l'équation (2), T′ se rapporte aux amplitudes très petites; μ, masse spécifique du liquide; r, rayon du tube. D'où deux méthodes simples pour mesurer η en valeur absolue, car il suffit de déterminer une seule valeur de $\frac{a_1}{a_3}$ pour obtenir soit A, soit A_0.

3° D'après (1) et (2), le passage d'un régime à l'autre a lieu pour $\log A = \log A_0 = \frac{1}{2}$. J'appelle A_c cet amortissement critique; la période critique est alors

$$T'_c = \frac{1}{8 \log e} r^2 \frac{\mu}{\eta}.$$

Loi du point critique. — 1° L'amortissement critique est toujours $\log A_c = \frac{1}{2}$; 2° la période critique est proportionnelle à r^2 et à $\frac{\mu}{\eta}$.

4° Les équations (1) et (2) s'écrivent alors :

Premier régime..... $2\log A = \frac{T'}{T'_c}$

Deuxième régime..... $4\log^2 A_0 = \frac{T'}{T'_c}$

Loi des états correspondants. — Dans les deux régimes, pour des périodes correspondantes, l'amortissement est le même quels que soient le fluide et le rayon du tube.

II. *Écoulement uniforme d'un liquide dans un tube rectiligne.* — J'ai repris cette étude par un dispositif simple :

1° J'ai retrouvé (résultat connu) qu'il y a aussi deux régimes et que, comme l'indique M. Reynolds, on a pour la vitesse critique V_c

$$\frac{\mu r V_c}{\eta} = 1000.$$

2° Le premier régime, dit de Poiseuille, est représenté par

$$H = \frac{8\eta l D}{\pi r^4 g \mu} \qquad \text{(H charge, D débit)}$$

lorsque le débit (ou la vitesse) est très petit.

J'ai trouvé que, quand V n'est pas très petit, il faut écrire

$$(1) \qquad H - \frac{D^2}{\alpha^2 2 g \pi^2 r^4} = \frac{8\eta l D}{\pi r^4 g \mu};$$

α (fonction du rayon seul) varie de $\frac{\sqrt{2}}{2}$ pour $r = 0$ à $0,06$ quand r augmente. Le premier membre représente donc, dans tous les cas, la charge absorbée par les frottements.

3° Le deuxième régime est caractérisé par l'équation

$$(2) \qquad \left(\frac{L}{l} - 1\right)^{1,36} = 1,6\left(\frac{V}{V_c} - 1\right),$$

quels que soient le liquide et le tube.

V, vitesse moyenne; V_c, vitesse critique calculée par la formule Reynolds; L, longueur calculée par

$$L = \frac{\pi r^4 g H_0 \mu}{8\eta D};$$

H_0, charge absorbée par les frottements, c'est-à-dire la charge totale H

diminuée de la perte de charge à l'origine du tuyau qui est donnée par $\frac{1,49\,D^2}{2\,g\,\pi^2\,r^4}$ dans le deuxième régime.

L mesure alors la longueur du chemin suivant lequel se produisent les frottements. On trouve toujours $L > l$, ce qui est d'accord avec la production de tourbillons, constatés par Reynolds au moyen de filets liquides colorés.

4° Au point critique commun aux deux équations (1) et (2), on a

$$l = \frac{\pi r^4 g \mu (H_0)_c}{8 \eta D_c}.$$

Les deux équations (1) et (2) peuvent alors s'écrire :

$$\text{Premier régime.....} \quad \frac{H_0}{H_{0c}} \frac{V_c}{V} - 1 = 0$$

$$\text{Deuxième régime...} \quad \left(\frac{H_0}{H_{0c}} \frac{V_c}{V} - 1\right)^{1,36} = 1,6\left(\frac{V}{V_c} - 1\right)$$

Loi des états correspondants. — Dans l'un et l'autre régime, pour des vitesses correspondantes, les charges H_0 absorbées par les frottements sont correspondantes.

L'équation (2) permet la mesure de η par le deuxième régime.

5° Les résultats expérimentaux obtenus avec d'autres appareils (par exemple, rotation uniforme d'un cylindre à l'intérieur d'un autre de même axe) conduisent à des équations et à des énoncés tout à fait analogues pour les liquides et les gaz; le coefficient 1,36 reste le même; seul le coefficient 1,6 change de valeur avec le genre d'appareil.

ÉLECTRICITÉ. — *Ionisation par pulvérisation des liquides.* Note de M. **L. Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Les gaz dégagés dans les réactions par voie humide sont généralement conducteurs. Nous avons rapproché cet effet des effets d'ionisation par barbotage, en montrant qu'il a sa cause dans une rupture de surface par des bulles gazeuses [1].

Il était intéressant de rechercher si, en brisant une surface liquide par un mécanisme autre que le barbotage, on trouve des effets d'ionisation comparables à ceux que donne le barbotage.

---

[1] L. Bloch, *Comptes rendus*, 14 mars 1910.

Nous avons eu recours à la pulvérisation des liquides en très fines gouttelettes, telle qu'on l'obtient avec les appareils du type Vaast ou du type Gouy. Le pulvérisateur Gouy convient bien à ce genre de recherches. Il offre l'avantage de fournir un jet pulvérisé qui ne rencontre aucun obstacle solide. On évite ainsi l'ionisation par écrasement de gouttes d'eau, ou *effet Lenard*.

Le pulvérisateur Gouy a déjà été employé par Elster et Geitel [1] dans leurs recherches sur l'électrisation par chutes d'eau (écrasement d'eau contre des parois solides). Ces savants ont signalé, comme cause d'erreur possible, une électrisation parasite créée par la pulvérisation même. Mais ils n'ont pas cherché à montrer directement l'existence de cet effet, ni à l'étudier pour lui-même.

Nous nous sommes placé, au contraire, dans des conditions où l'effet Lenard (effet d'écrasement) est réduit au minimum et où l'ionisation est due essentiellement au déchirement des surfaces liquides, à l'endroit même où se fait la pulvérisation.

Le pulvérisateur Gouy, placé verticalement, est alimenté au moyen d'un entonnoir à brome rempli de liquide. Le jet pulvérisé traverse librement un très grand cylindre métallique haut de 1^{m} et large de $0^{m},30$ environ. Les effets d'écrasement sont négligeables; il en est de même des effets d'égalisation de potentiel par action électrostatique.

L'air transportant le jet pulvérisé traverse d'abord un flacon purgeur où les gouttelettes les plus grosses se déposent. Il passe ensuite dans un condensateur cylindrique relié à l'électromètre. Comme on n'emploie que des débits d'air modérés, on ne recueille que les ions de faible mobilité.

Dans ces conditions nous avons obtenu des effets d'ionisation très nets avec un grand nombre de liquides. Les courants recueillis sont généralement du même ordre pour les ions des deux signes. Lorsqu'on augmente la pression de l'air dans le pulvérisateur, les effets croissent beaucoup plus vite que le débit.

Les liquides étudiés se classent en deux catégories. La première comprend l'eau distillée, l'acide chlorhydrique étendu, la potasse concentrée, le sulfate de cuivre normal, l'alcool éthylique, l'alcool amylique, l'acétone. Tous ces liquides, surtout les liquides organiques, donnent lieu à une ionisation intense. L'autre catégorie comprend la benzine, l'essence de térébenthine, l'essence minérale, les huiles d'olive et de vaseline. Ces liquides ne donnent aucun effet.

Il est à remarquer que les liquides se classent de la même manière pour la pulvérisation et pour le barbotage. *Les liquides actifs par barbotage sont seuls actifs par pulvérisation.*

---

[1] *Ann. d. Phys.*, t. XXXII, 1887, p. 74.

Ces expériences viennent à l'appui de l'hypothèse que j'ai émise autrefois sur l'origine de la conductibilité accompagnant la détente des gaz [1].

Elles permettent aussi d'interpréter certains résultats trouvés par Faraday [2] dans le célèbre Mémoire qu'il a consacré à l'étude expérimentale de la machine d'Armstrong.

ÉLECTRICITÉ. — *Ionisation par barbotage et actions chimiques.* Note de MM. **de Broglie** et **Brizard**, présentée par M. E. Bouty.

Le barbotage d'un gaz dans un liquide, en bulles très fines, tel qu'on peut le réaliser en faisant passer le gaz à travers un tissu très serré, donne les mêmes résultats généraux que dans le cas où l'arrivée se fait par un tube étroit; mais l'agitation moindre de la surface permet alors de superposer au premier milieu une couche séparée (de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur) d'un autre liquide plus léger et non miscible.

Les bulles, en passant du premier milieu dans le second, éprouvent un ralentissement dans leur montée, dû à plusieurs causes : traversée de la surface de séparation superficiellement tendue, diminution de force ascensionnelle par suite de la poussée hydrostatique moindre et lest de liquide inférieur; elles ont tendance à se rassembler et à se briser moins violemment à la surface supérieure liquide-gaz.

Un examen attentif du phénomène montre nettement *qu'une enveloppe du liquide inférieur accompagne les bulles à travers le milieu supérieur et retombe après l'éclatement;* la surface liquide, pulvérisée par la petite explosion, appartient donc, en partie au moins, au liquide inférieur et rend pratiquement très difficile de raisonner dans ces conditions comme si un seul liquide participait au barbotage.

L'examen, par les méthodes électrométrique et ultramicroscopique, du gaz sortant montre en effet que, même si le milieu supérieur appartient à la catégorie des liquides inactifs par barbotage [3], une partie des centres produits est chargée électriquement et porte même des charges multiples; l'ionisation cependant est notablement moindre que dans le cas où la couche

---

(1) L. Bloch, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1226.

(2) Cf. Faraday, *Exp. Res.*, t. II, nos 2075 et suiv., 1843, p. 106.

(3) *Comptes rendus*, 2e sem. 1907, p. 172; *Ann. de Phys. et de Chim.*, janvier 1909.

supérieure de liquide inactif n'existe pas, ce que les considérations précédentes peuvent expliquer.

Ces résultats expérimentaux sont à rapprocher des effets signalés récemment par M. L. Bloch [1] dans l'étude de l'ionisation de l'hydrogène récemment préparé par voie humide, et qui l'ont conduit à conclure « que l'ionisation par voie chimique (humide) est, comme l'ionisation par barbotage, un phénomène superficiel; les divergences observées entre les deux cas pouvant tenir à la différence de grandeur qui existe entre les bulles formées par voie chimique et les bulles les plus petites formées par barbotage ».

En répétant ces expériences, nous avons toujours trouvé une complète analogie avec le cas précédemment décrit (*en constatant une ionisation même dans le cas où le liquide supérieur est inactif*). Un faisceau lumineux dirigé au-dessus de la surface liquide-gaz permet, de plus, de comparer les phénomènes observés, avec ou sans couche de liquide inactif superposé, dans le cas du dégagement de l'hydrogène.

Les caractères du dégagement sont nettement modifiés par la présence d'une couche de benzine; avant de verser cette couche, les bulles, éclatant à la surface de l'eau acidulée, projettent dans le gaz des couronnes de fumée constituées par de fines particules; dès qu'on verse sur le liquide une couche de benzine, les bulles arrivent à la surface avec une vitesse notablement diminuée et éclatent moins violemment, les couronnes de fumée sont plus rares et il se manifeste, au contraire, une abondante pluie de gouttes beaucoup plus grosses. En outre, à chaque éclatement de bulle, une enveloppe d'eau acidulée retombe à travers la benzine (même avec une couche de plusieurs centimètres de ce liquide); c'est à la présence de cette eau acidulée, active par barbotage, que nous attribuons l'ionisation du gaz.

La méthode ultra-microscopique permet de constater de plus qu'un certain nombre de centres portent des charges multiples, qui peuvent donner à une particule, même assez grosse, une mobilité considérable.

Tout ceci est bien conforme au rôle prépondérant du barbotage dans la charge des gaz préparés par action chimique en milieu liquide actif.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle circonstance de formation des rayons cathodiques.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Villard.

Dans un tube à vide (fonctionnant sans incandescence de la cathode) on considère généralement que les rayons cathodiques ont leur origine dans le

---

[1] *Comptes rendus*, 1910, p. 695.

gaz; la différence de potentiel entre les électrodes et les charges prises par les parois font naître, par un mécanisme encore inconnu, une double circulation sous forme d'afflux cathodique et de rayons cathodiques [1]. La nature de la cathode est considérée comme sans importance. Je me propose d'indiquer *un cas où, dans les conditions ordinaires de fonctionnement d'un tube à rayons cathodiques, la nature de la cathode a une importance capitale.*

Prenons, par exemple, un tube de verre de 4^{cm} de diamètre; à chaque extrémité sont soudés d'autres tubes plus étroits par lesquels pénètrent deux électrodes d'acier parallèles à l'axe du tube; la figure 1 reproduit la photographie d'un pareil tube, le plan des électrodes étant perpendiculaire au plan de la figure. En dessous du tube, en A, est soudé un tube étroit (non visible sur la figure) communiquant, par un étranglement capillaire, avec une ampoule contenant un métal alcalin, du sodium par exemple. Il est nécessaire d'employer du métal parfaitement purgé de toutes les huiles extraordinairement peu volatiles qui imprègnent avec ténacité celui qui est vendu sous l'huile de pétrole; le mieux est de préparer une petite ampoule de métal obtenu par distillation dans le vide; l'ampoule est ensuite remplie d'acide carbonique sec et ouverte; on l'introduit aussitôt dans le tube A. On fait le vide en purgeant soigneusement de tout gaz occlus, par chauffage et passage de la décharge, les électrodes et les parois du tube qui les renferme, en évitant de chauffer l'ampoule qui contient le sodium. Pendant cette opération la fluorescence verte produite sur les parois par les rayons cathodiques diminue d'intensité au fur et à mesure que le tube durcit, mais reste uniformément répartie. Quand la longueur d'étincelle équivalente à la résistance du tube atteint quelques centimètres, on laisse refroidir le tube et l'on chauffe l'ampoule contenant le métal alcalin.

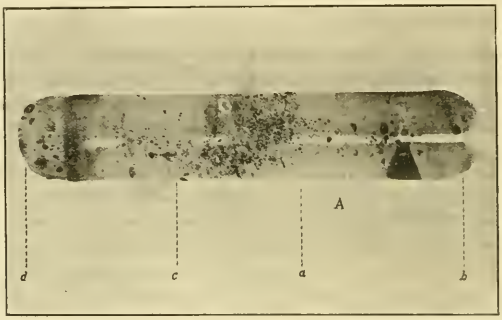
Après l'expulsion des gaz occlus, il distille et vient se condenser en mince dépôt sur les parois du tube et sur la région des électrodes située dans le voisinage plus ou moins immédiat de A; pendant cette distillation on fait naturellement le vide sans arrêt (l'emploi d'une pompe à grand débit, comme la pompe Gaëde, est particulièrement commode); quand la pression est redevenue assez basse, on constate, en faisant passer la décharge, que *la paroi est parsemée d'un grand nombre de petites taches fluorescentes vertes, très brillantes, très bien définies et parfaitement fixes*, du moins pendant un certain laps de temps après lequel elles peuvent venir à disparaître plus ou moins brusquement. La photographie ci-après, qui reproduit l'aspect du tube en négatif, montre bien ces taches, surtout nombreuses dans la région *ac*. La netteté de la photographie, obtenue avec une pose de 20 minutes, en alimentant le tube avec une machine statique, montre la fixité des taches.

On peut diminuer suffisamment la pression pour faire cesser toute fluorescence générale de la paroi, c'est-à-dire pour que la décharge, sous sa

---

[1] VILLARD, *Rayons cathodiques* (Collect. *Scientia*), 2e édition, p. 93.

forme ordinaire, ne passe plus, sans affaiblir les petites taches en question, qui persistent, sans modifications, jusqu'aux plus basses pressions que j'ai réalisées (tube d'une dizaine de centimètres d'étincelle). Il semble donc qu'il y ait là un *moyen d'obtenir des rayons cathodiques intenses, commodément observables, et de très grande vitesse.*



J'ai répété l'expérience avec un certain nombre de tubes de formes variées contenant du sodium, du potassium ou du rubidium.

Pour soumettre la production du phénomène à un contrôle direct, j'ai employé un tube en forme d'H; chaque branche verticale de l'H contient une électrode en acier placée suivant l'axe; on amène par distillation du sodium au bas de l'une des branches après avoir fait le vide, de manière que la décharge ne passe plus, sous quelques centimètres d'étincelle; le phénomène des taches se produit avec intensité dans la branche où le métal a distillé, tandis que l'autre branche reste parfaitement obscure. Si l'on fait monter le dépôt miroitant, la région des taches s'élève aussi dans le tube en restant en dessus du dépôt, bien que quelques taches persistent encore à leurs places primitives. C'est qu'en effet *le phénomène ne se produit que si les gouttes condensées sont suffisamment petites.* Ainsi, la région *ab* correspond à une région de la cathode recouverte d'un dépôt en gouttelettes plus ou moins grosses, mais bien visibles. Les quelques taches qu'on y relève, ainsi que dans la région *cd*, pauvre en sodium, proviennent de ce qu'en étudiant le tube, on a chauffé à différentes reprises certaines régions de la paroi pour déplacer le dépôt miroitant, ce qui a un peu disséminé les centres d'émission. Les gouttelettes de la région d'émission maximum ne doivent être visibles qu'au microscope, avec d'assez forts grossissements.

Le phénomène ne se produit pas sur tous les métaux. Je l'ai observé avec l'acier et le platine. Il est nul avec l'aluminium. Je compte revenir ultérieurement sur ce point.

Si l'on fait rentrer lentement de l'air, puis qu'on vide de nouveau le tube, les taches ne réapparaissent pas; l'état de la surface des centres d'émission est donc important.

Outre les taches on remarquera, sur la photographie, dans la région *ab*, une large nappe très intense : elle est la section par la paroi d'un cône de rayons cathodiques ayant pour sommet *un point très brillant, orangé*, sur l'électrode (recouverte de sodium). Il semble qu'il s'agit là d'un phénomène tout différent de celui des taches, mais différent aussi de l'émission cathodique ordinaire.

L'explication du phénomène qui paraît actuellement la plus vraisemblable consiste à supposer que, si basse que soit la pression, il existe un certain afflux, incapable de provoquer la formation des rayons cathodiques ordinaires parce que son énergie est inférieure à une certaine limite; mais cet afflux serait pourtant capable d'élever la température de gouttelettes extrêmement petites, à condition de supposer qu'elles ne touchent l'électrode que par une très petite surface, de telle sorte que la perte de chaleur par conductibilité thermique soit faible; ces gouttelettes de métal alcalin, ainsi chauffées, émettraient alors une grande quantité d'électrons, le phénomène Édison, pour les métaux alcalins, étant très grand; les électrons, accélérés par le champ, constitueraient les faisceaux de rayons cathodiques observés.

On s'expliquerait ainsi l'influence de l'état de la surface, et celle de la grosseur des gouttelettes. L'absence du phénomène sur des électrodes d'aluminium viendrait soit d'une combinaison du métal alcalin et de l'aluminium, soit de ce que le métal alcalin mouillerait l'aluminium. Des recherches sont en cours dans le but de contrôler ces hypothèses.

CHIMIE. — *Sur la constitution des dithionates et des sulfites.* Note de M. **H. Baubigny**, présentée par M. Troost.

J'ai fait voir [1] que la décomposition du sulfite d'argent et de ses sels doubles alcalins par l'action de la chaleur (à 100°) ou celle de la lumière donnait naissance à un sel *neutre* avec perte d'argent (la moitié pour le sulfite simple, la totalité pour les sels doubles, le métal alcalin restant seul en combinaison dans ce dernier cas) et que ce sel était du dithionate. Cette réaction, qui montre que l'acide dithionique résulte de la réunion de deux

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 735 et 858.

radicaux *sulfoxyle*, qu'inversement on peut séparer à nouveau par l'action du sodium en régénérant du sulfite [Spring (¹)],

$$\begin{matrix} SO^3Na \\ | \\ SO^3Na \end{matrix} + Na^2 = 2(SO^3Na^2),$$

est une nouvelle preuve en faveur de la formule de constitution

$$HO^3S - SO^3H$$

adoptée aujourd'hui pour ce corps. C'est donc un acide *disulfoxylique*, selon le dire de Mendelejeff (²). Il est, par rapport à l'acide sulfureux HSO^3H, ce que l'acide oxalique ou dicarboxylique $HO^2C - CO^2H$ est à l'acide formique HCO^2H; et la formule SO^2OH, que Kolbe (³) avait attribuée à l'acide dithionique, qu'il considérait comme monobasique parce qu'on n'a pu en obtenir les sels acides, ne saurait être admise.

Cette synthèse de l'acide dithionique apporte, en outre, un nouvel argument en faveur de la formule dissymétrique des sulfites MSO^2OM proposée par Odling d'abord, puis successivement par Strecker, par Grœbe et d'autres savants pour représenter la constitution de ces sels, d'après laquelle l'un des atomes métalliques est relié directement au soufre du groupe sulfuryle SO^2. Car si les deux atomes de métal dans le sulfite d'argent se comportent différemment sous l'influence de la chaleur ou de la lumière, c'est qu'ils doivent être de nature dissemblable et reliés de façon différente au groupe SO^2. Cela en parfaite concordance, *d'une part*, avec la réaction qui a lieu lorsqu'on traite les sulfites par les iodures alcooliques et permet d'obtenir ainsi des sulfonates (⁴), où il est admis aujourd'hui définitivement que le carbone est en connexion avec le soufre, et, *d'autre part*, avec la formation des deux sulfites doubles isomères de potassium et

---

(¹) *Bull. Acad. roy. Belgique*, 2ᵉ série, t. XXXVIII, 43ᵉ année (1874), p. 108.

(²) *Berl. Ber.*, t. III, 1870, p. 871.

(³) *Journ. prakt. Ch.*, t. XIX, 1879, p. 484.

(⁴) Voir Strecker (*Ann. Ch. u. Pharm.*, t. CXLVIII, 1868, p. 90) et Grœbe (*Ann. Ch. u. Pharm.*, t. CXLVI, 1868, p. 36) qui ont obtenu les alkylsulfonates en traitant un sulfite alcalin par un iodure alcoolique. Avec le sulfite d'argent, il se forme l'éther RSO^2OR du même acide, lequel éther par saponification ne perd qu'un seul radical alcoolique, en redonnant le sel alcalin de l'acide sulfoné. Or, non seulement cet acide RSO^2OH est identique à celui obtenu en oxydant par l'acide nitrique le mercaptan correspondant RSH; mais inversement, de l'acide alkylsulfonique préparé avec le sulfite alcalin et l'iodure alcoolique, on peut revenir au mercaptan par simple réduc-

de sodium, $NaSO^2OK$ et KSO^2ONa qu'on prépare à volonté et dont Schwicker (¹) a prouvé l'existence de façon indiscutable.

Cette synthèse est également en harmonie avec la formation, par fixation du soufre sur les sulfites alcalins, des hyposulfites de constitution $MSSO^2OM$ ainsi que l'avait énoncé Odling et comme l'ont établi depuis différents auteurs, notamment Bunte (²) par sa curieuse observation lors de la décomposition de l'éthylhyposulfite de sodium, et Spring (³) en utilisant le mode d'action bien connu de l'iode sur les sulfures et les mercaptides. Spring a en effet montré que si, au mélange en solution neutre d'une molécule de sulfure de sodium et d'une autre de sulfite du même métal, on ajoute une molécule d'iode, ce dernier corps disparaît en donnant une liqueur claire qui, outre l'iodure de sodium, renferme beaucoup d'hyposulfite; l'iode soudant les deux molécules par soustraction de métal :

$$NaSNa + NaSO^3Na + I^2 = NaSSO^3Na + 2NaI.$$

En résumé, l'acide dithionique serait donc un acide disulfonique, qu'on peut considérer comme celui de l'hydrogène H^2, et l'acide sulfureux, qui prend dans ses sels la forme dissymétrique HSO^2OH, serait le dérivé monosulfonique de ce même hydrogène

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H \end{array} \qquad \begin{array}{c} SO^3H \\ | \\ H \end{array} \qquad \begin{array}{c} SO^3H \\ | \\ SO^3H \end{array}$$

au même titre que l'acide hyposulfureux est l'acide sulfonique du gaz sulfhydrique (Mendelejeff), et l'acide phénylsulfureux, celui de l'hydrure

---

tion du chlorure d'acide à l'aide de l'hydrogène naissant :

$$RSO^2Cl + 3H^2 = RSH + HCl + 2H^2O$$

(C. Vogt, 1861). Dans l'acide alkylsulfonique obtenu en partant d'un sulfite, le radical alcoolique est donc relié au soufre, et par suite dans les sulfites un des deux atomes de métal.

(¹) *Berl. Ber.*, t. XXII, 1889, p. 1728. Schwicker l'a démontré en soumettant ces sels à la réaction de Strecker et Grœbe. Il transformait ainsi le premier en alkylsulfonate de potassium, et, le second, en alkylsulfonate de sodium.

(²) *Berl. Ber.*, t. VII, 1874, p. 646. Bunte a fait connaître que l'éther mixte $C^2H^5SSO^3Na$, obtenu par l'action du bromure d'éthyle sur l'hyposulfite de sodium, se dédouble sous l'influence de la chaleur (vers 100°) en bisulfure d'éthyle et dithionate alcalin : $2(C^2H^5SSO^3Na) = (C^2H^5)^2S^2 + \begin{array}{c} SO^3Na \\ | \\ SO^3Na \end{array}$.

(³) *Loc. cit.*

de phényle. Seulement, tandis que ce dernier est monobasique, l'acide sulfureux et l'acide hyposulfureux sont des acides bibasiques, parce qu'ils renferment encore un atome d'hydrogène typique *de la molécule initiale* H^2 ou H^2S.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcaloïde du* Pseudocinchona africana. *Saponification par les alcalis.* Note de M. E. **Fourneau**, présentée par M. A. Haller.

L'alcaloïde du *Pseudocinchona* offre avec la yohimbine une grande ressemblance, et l'on pourrait aisément les confondre si leur pouvoir rotatoire n'était pas de sens inverse.

La composition centésimale de la yohimbine n'est pas établie avec certitude. Elle a varié, suivant les auteurs, entre $C^{23}H^{32}N^2O^4$, $C^{22}H^{30}N^2O^4$, $C^{21}H^{28}N^2O^4$ et enfin $C^{22}H^{28}N^2O^3$.

Si l'on observe que la formule que j'ai indiquée pour l'alcaloïde du *Pseudocinchona* est $C^{21}H^{26}N^2O^3$, on ne peut s'empêcher d'être frappé par ce fait que l'une des formules qu'a donnée Spiegel à la yohimbine diffère de celle de mon alcaloïde par une molécule d'eau en plus. Mais, d'une part, Spiegel a montré que, dans certaines conditions, la yohimbine perdait de l'eau et se transformait en un anhydride qui pourrait être par conséquent formulé $C^{21}H^{26}N^2O^3$. D'autre part, l'alcaloïde que j'ai décrit aux *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences est obtenu anhydre [1]. Si donc on compare la yohimbine anhydre à l'alcaloïde du *Pseudocinchona* également anhydre, on voit que ces deux substances ont la même composition centésimale. Si les analyses faites par les divers auteurs avec la yohimbine ont donné des résultats un peu divergents, cela tient à ce qu'ils ont opéré sur des échantillons hydratés qui ne perdaient à 100° ou dans le vide qu'une partie de leur eau de cristallisation et qui en conservait au moins une molécule, mais les analyses faites par Spiegel sur le produit anhydre donne des chiffres qui s'appliquent aussi bien et mieux à la formule $C^{21}H^{26}N^2O^3$ qu'à toutes les autres qui ont été données. Principalement les dosages de chlore dans le chlorhydrate, qui lui est facile à obtenir anhydre, s'appliquent parfaitement à la formule ci-dessus. Voilà donc une première ressemblance entre la yohimbine et l'alcaloïde du

[1] A vrai dire, l'absence ou la présence d'eau de cristallisation dépend souvent du dissolvant employé, mais je crois cependant que l'eau qui se sépare de l'alcaloïde du *Pseudocinchona* dans certaines conditions est réellement de l'eau de constitution et non de cristallisation, car le départ de cette eau se fait avec dégagement de chaleur.

Pseudocinchona. Je reviendrai du reste sur ce point dans un prochain Mémoire et je me propose d'étudier comparativement les deux alcaloïdes pour décider s'ils sont nettement différents ou au contraire des isomères optiques.

Une autre ressemblance est tirée de l'action des alcalis.

La yohimbine, traitée par la soude ou l'éthylate de sodium, donne un acide auquel Spiegel attribue la formule $C^{20}H^{26}N^2O^4$. Cet acide, cristallisé de l'alcool méthylique, perd de l'eau et se sépare anhydre. Il possède alors la formule $C^{20}H^{24}N^2O^3$.

Or, quand on traite l'alcaloïde du corynanthe par l'éthylate de sodium, on obtient un sel de soude dont l'acide, suivant les conditions de cristallisation, possède la formule $C^{20}H^{24}N^2O^3 + H^2O$ ou $C^{20}H^{24}N^2O^3$, donc exactement celle de l'acide yohimbique ou de son anhydride. L'éther méthylique de l'acide yohimbique n'est autre chose que la yohimbine (Winzheimer).

Il est très probable que l'alcaloïde du *Pseudocinchona*, différant de l'acide qu'on en retire par CH^2 en plus, est également l'éther méthylique de cet acide, mais je n'ai pas encore réalisé l'éthérification.

Préparation de l'acide du Pseudocinchona. — On chauffe à reflux une molécule d'alcaloïde et deux molécules d'éthylate de sodium en solution alcoolique à 10 pour 100 jusqu'à ce qu'une goutte de la solution ne précipite plus par l'eau, ce qui demande 5 heures environ. La solution est évaporée à sec dans le vide. Le résidu est repris par un peu d'eau. La solution, décolorée par du noir animal, est filtrée, puis précipitée par deux molécules d'acide chlorhydrique qui détermine la formation d'une glu épaisse presque insoluble dans l'eau. La couche aqueuse est décantée, et la glu redissoute à chaud dans le moins possible d'alcool à 95°. Après quelques heures, la solution alcoolique est prise en une masse de cristaux un peu colorés qu'on essore, qu'on lave à l'alcool absolu, puis avec de l'acétone. La poudre, maintenant à peine colorée et qui constitue l'acide brut cherché, est dissous rapidement dans de l'alcool méthylique ou éthylique absolu. Presque aussitôt après que la dissolution est achevée, des cristaux se séparent dont la quantité augmente rapidement et qui une fois séparés ne se dissolvent plus dans l'alcool même en assez grand excès. Il s'agit là d'un phénomène tout à fait comparable à celui qui a été observé pour l'alcaloïde du *Pseudocinchona*, c'est-à-dire du passage d'un corps hydraté à un corps anhydre. Si, au lieu de faire des cristallisations de l'acide dans l'alcool absolu, on emploie l'alcool étendu, ou bien si l'on précipite la solution alcaline de l'acide par l'acide acétique, on obtient un acide hydraté. Ce dernier se dissout très facilement dans l'alcool méthylique et s'en précipite aussitôt anhydre [1], etc.

---

[1] En employant les termes *anhydre* et *hydraté*, je n'entends point parler de l'eau de cristallisation, car les deux modifications en contiennent; mais si l'on chauffe à 100° la modification hydratée, elle conserve toujours une molécule d'eau; l'autre, au contraire, n'en retient pas. Spiegel a noté que les choses se passaient exactement ainsi avec l'acide yohimbique.

Cristallisé de l'alcool méthylique, l'acide se présente sous la forme de paillettes brillantes devenant opaques à l'air. Cristallisé dans l'alcool étendu, il se sépare en fines aiguilles brillantes.

L'acide anhydre est peu soluble dans l'eau, très peu soluble dans l'alcool méthylique et l'alcool absolu, soluble dans les acides minéraux et les alcalis. La solution alcaline n'est pas précipitée par les acides minéraux, à moins qu'on ne sature exactement l'alcali par l'acide. L'acide acétique, au contraire, précipite les solutions alcalines même étendues en beaux prismes transparents. L'acide anhydre fond au bloc Maquenne au-dessus de 300°.

Analyses. — Substance cristallisée de l'alcool méthylique et séchée dans le vide sur l'acide sulfurique jusqu'à poids constant.

	CO^2.	H^2O.
0,2338 donne.....	0,6050	0,1542
0,2336 donne.....	0,6104	0,1576

0,2774 donne $19^{cm^3},5$ d'azote à 10° et sous 768^{mm}.

	Calculé pour $C^{20}H^{24}N^2O^3 = 340,20$.	Trouvé.	
C.....	70,55	70,58	70,36
H.....	7,108	7,37	7,45
N.....	8,25	8,25	»

Tous les sels appartiennent à la forme hydratée. Le sel de soude cristallise en paillettes assez solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool méthylique, insolubles dans l'alcool absolu. Il sert à préparer les autres sels par double décomposition.

Beaucoup de ces sels seront décrits ailleurs. Je signalerai seulement le sel d'argent, qui est très important pour établir le poids moléculaire de l'acide. Il se précipite à l'état gélatineux quand on mélange une solution de nitrate d'argent avec une solution de sel de soude de l'acide. Après essorage et lavages soigneux à l'eau, puis à l'alcool, on l'obtient sous la forme d'une poudre jaune. Il contient exactement 23,30 d'argent, ce qui correspond bien au poids moléculaire 465,16 et à la formule $C^{20}H^{23}N^2O^3Ag, H^2O$ (calculé Ag = 23,19).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des alcools résultant de la condensation des alcools secondaires avec leurs dérivés sodés.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. A. Haller.

Les alcools secondaires, chauffés au voisinage de 200° avec leurs dérivés sodés, donnent lieu, ainsi que je l'ai montré (*Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 685; t. CXLIX, p. 129; t. CL, p. 183), à la formation d'alcools plus condensés, suivant la réaction générale

$$C^m H^{2m+1} OH + C^n H^{2n+1} O Na = C^{m+n} H^{2(m+n)+1} OH + NaOH.$$

L'alcool isopropylique, C^3H^8O, donne ainsi les alcools diisopropylique, $C^6H^{14}O$, et triisopropylique, $C^9H^{20}O$; l'alcool butylique secondaire, $C^4H^{10}O$, donne de même les alcools dibutylique, $C^8H^{18}O$, et tributylique secondaires, $C^{12}H^{26}O$; et avec l'alcool caprylique, $C^8H^{18}O$, il se forme les alcools dicaprylique, $C^{16}H^{34}O$, et tricaprylique, $C^{24}H^{50}O$.

Il y a là une méthode générale de formation des alcools secondaires, qui peut être aisément appliquée à la préparation des termes élevés.

La constitution des alcools diisopropylique et triisopropylique, de même que celle de l'alcool dibutylique secondaire ont été établies antérieurement. En fixant aujourd'hui celle des alcools dicaprylique et tributylique secondaires, je viens montrer comment se réalise l'enchaînement des molécules dans cette réaction de formation des alcools secondaires.

Constitution de l'alcool dicaprylique. — Pour établir la constitution de l'alcool dicaprylique, on l'a oxydé par le mélange chromique, en employant une proportion de ce mélange un peu inférieure à celle qui correspond au dégagement de 4^{at} d'oxygène pour 1^{mol} d'alcool.

On a obtenu ainsi l'acétone correspondante et un mélange d'acides provenant de son oxydation. Ceux-ci ont été séparés en acides insolubles dans l'eau en acidulant, par l'acide sulfurique, la solution concentrée de leurs sels de soude et décantant l'huile surnageante.

Les acides insolubles dans l'eau ont été desséchés sur le sulfate de soude anhydre, puis soumis à une série de distillations fractionnées, qui ont permis de séparer quatre fractions principales de 200° à 206°, de 220° à 226°, de 240° à 246°, de 265° à 270°. La transformation de ces diverses fractions en sels de baryum ou la précipitation fractionnée de leurs sels par l'azotate d'argent a permis de constater, par le dosage des métaux, que la première fraction est formée surtout d'un acide gras en C^6, la seconde d'un acide en C^7, la troisième d'un acide en C^9, la quatrième d'un acide en C^{10}.

Les acides solubles dans l'eau ont été transformés en éthers éthyliques, que l'on a soumis à la distillation fractionnée, et l'on a recueilli deux fractions principales

entre 75° et 80°, et entre 160° et 170°. Ce premier résultat et l'odeur des produits montrent déjà que la première fraction doit être formée d'acétate d'éthyle (éb. = 77°) et que la seconde est probablement du caproate d'éthyle (éb. = 167°), déduction que confirme le dosage du baryum dans les sels de baryte provenant de leur saponification.

En résumé, l'oxydation de l'alcool dicaprylique a donné de l'acide acétique, de l'acide caproïque, de l'acide décylique avec un peu d'un acide heptylique et d'un acide nonylique. En même temps, il s'est produit une notable proportion d'acide carbonique.

Si l'on passe en revue les diverses formules de constitution, que l'on peut attribuer à l'alcool dicaprylique issu de la soudure de deux molécules d'alcool caprylique $CH^3 - (CH^2)^5 - CHOH - CH^3$, on voit que la suivante seule s'accorde avec les résultats fournis par l'oxydation :

$$CH^3 - (CH^2)^5 - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - (CH^2)^5 - CH^3.$$

L'oxydation d'un tel alcool fournirait, en effet, d'abord l'acétone correspondante non combinable au bisulfite de sodium, puis les acides décylique et caproïque avec un peu des acides nonylique et œnanthylique. Enfin, l'oxydation se poursuivant sur une partie des acides formés, il se produirait de l'acide acétique, une nouvelle quantité d'acide caproïque et de l'acide carbonique.

L'alcool dicaprylique est donc le méthyl-7-pentadécanol-9.

L'*acétone dicaprylique*, ou *méthyl-7-pentadécanone-9*, est un liquide incolore de densité 0,846 à 0°. Elle bout à 172°-174° sous 21^{mm} de pression. Elle ne se combine pas au bisulfite de sodium. Sa semicarbazone cristallise dans l'alcool en fines aiguilles fusibles à 195°-197° (corr.).

Constitution de l'alcool tributylique secondaire. — Pour déterminer la constitution de cet alcool, j'ai oxydé par le mélange chromique l'acétone correspondante et j'ai séparé les acides formés en acides solubles et acides insolubles dans l'eau.

Ces derniers distillent presque entièrement entre 240° et 270°. Le dosage du baryum dans leurs sels, obtenus par cristallisation fractionnée, a montré qu'ils étaient formés d'un acide nonylique, d'un acide décylique avec, sans doute, un peu d'acide caproïque.

Quant aux acides solubles dans l'eau, ils ont été séparés par distillation fractionnée de leur solution aqueuse, ainsi qu'il a été dit à propos de l'oxydation de l'alcool dibutylique secondaire (*loc. cit.*). Ils ont été ensuite transformés en sels de baryum, puis identifiés par le dosage du métal qu'ils renfermaient. Ils se sont montrés formés surtout par les acides acétique et propionique avec, peut-être, un peu d'acide caproïque.

Si l'on examine les formules que l'on peut attribuer à l'alcool tributy-

lique secondaire provenant de la soudure d'une molécule d'alcool dibutylique

$$C^2H^5 - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - C^2H^5$$

avec une molécule d'alcool butylique secondaire

$$CH^3 - CHOH - C^2H^5,$$

on voit que la suivante seule s'accorde avec les faits :

$$C^2H^5 - CH(CH^2) - CH^2 - CH(C^2H^5) - CH^2 - CHOH - C^2H^5.$$

L'oxydation d'un tel alcool fournirait, en effet, d'abord une acétone non combinable au bisulfite de sodium comme l'acétone tributylique, puis un acide en C^9, un acide en C^{10} et les acides acétique et propionique. L'oxydation ultérieure des acides en C^{10} et en C^9 donnerait d'ailleurs de l'acide caproïque dont la présence est à peu près certaine dans les produits d'oxydation de l'acétone tributylique.

En résumé, les résultats acquis sur la constitution des alcools dicaprylique et tributylique secondaire généralisent les notions qui résultaient déjà de la constitution des alcools diisopropylique, triisopropylique, dibutylique secondaire :

1° La formation de tous ces alcools condensés peut être ramenée à l'élimination d'une molécule d'eau entre l'oxhydryle de l'une des molécules des alcools réagissants et le groupe méthyle voisin du groupement fonctionnel de l'autre molécule :

$$\begin{aligned} &R - CHOH - CH^3 + CH^3 - CHOH - R' \\ &= R - CH(CH^3) - CH^2 - CHOH - R' + H^2O. \end{aligned}$$

2° Lorsque la réaction s'effectue entre deux alcools secondaires différents l'un de l'autre, l'élimination de l'eau se produit aux dépens de l'oxhydryle de l'alcool le plus riche en carbone.

Cette seconde conclusion est tout à fait semblable à celle à laquelle on arrive dans l'étude de la condensation des alcools primaires avec leurs dérivés sodés (*Annales de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXVII, p. 67).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxyde d'argent sur l'élatérine.* Note de M. **A. Berg**, présentée par M. A. Haller.

J'ai employé pour ce travail, ainsi que pour mes recherches précédentes, de l'élatérine que j'avais préparée moi-même et soigneusement purifiée par

cristallisation dans l'alcool où elle est peu soluble. Elle fondait à 231° et possédait un pouvoir rotatoire gauche $[\alpha]_D = -53°,4$. Cette remarque est motivée par ce fait que M. F. Power et C. Moore, dans un travail récent, ont avancé que l'élatérine, telle qu'on la connaissait, est un mélange de deux substances probablement isomères qu'ils dénomment α- et β-élatérine. Le corps dont je suis parti et que j'ai toujours considéré comme constituant l'élatérine proprement dite est identique à leur composé α.

Pour étudier la réaction qui fait l'objet de cette Note, j'ai chauffé au réfrigérant ascendant une partie d'élatérine avec de l'alcool à 95° et de l'oxyde d'argent bien lavé et humide correspondant à 2 parties de nitrate d'argent. Au bout de peu de temps, on voit l'oxyde se réduire et une couche miroitante se déposer sur les parois du récipient. Après 1 heure et demie de chauffe, on filtre le produit de la réaction, ce qui donne un liquide brun foncé contenant de l'argent en partie à l'état colloïdal, en partie à l'état de composés solubles. En agitant avec une pincée de sel marin, on précipite complètement ce métal et, après filtration, le liquide possède une belle couleur jaune orangé. Après avoir évaporé à sec au bain-marie, on reprend par un peu d'alcool, on ajoute une solution de soude en excès et immédiatement après de l'eau. Il se forme un précipité abondant que l'on essore, puis reprend par l'éther qui le dissout en majeure partie.

Par évaporation, l'éther laisse une substance amorphe jaune très soluble dans l'alcool et l'éther qu'elle colore fortement. Contrairement à l'élatérine, et à l'élatéridine, elle est insoluble dans les alcalis caustiques ou carbonatés et ne colore pas le perchlorure de fer. Sa coloration jaune, qui paraît lui être propre, disparaît par l'action de l'hydrogène naissant. Ce sont là les caractères d'une quinone.

A l'analyse elle donne des nombres très voisins de ceux de l'élatéridine et qui correspondent à la formule d'une quinone dérivée de cette dernière $C^{26}H^{36}O^{7}$, ce qui m'a fait lui donner le nom d'*élatéridoquinone*. On trouve d'ailleurs de l'acide acétique dans les produits de la réaction, et mes recherches ont montré que l'élatérine se transforme en élatéridine avec formation d'acide acétique. L'oxyde d'argent agit donc à la fois comme agent oxydant et comme agent hydratant.

L'élatéridoquinone forme la majeure partie des produits de la réaction (50 à 60 pour 100 du poids de l'élatérine employée). On trouve aussi une petite quantité d'un corps de nature phénolique (peut-être élatéridine) et un acide peu abondant qui paraît avoir avec l'acide élatérique les mêmes rapports que l'élatéridoquinone avec l'élatéridine. Un acide tout semblable, sinon identique, se produit rapidement par l'action de la soude ou de la potasse alcoolique sur l'élatéridoquinone.

En l'absence complète de l'eau, l'oxyde d'argent est sans action sur l'élatérine. Pour

que la quinone se forme, il semble donc qu'il doit y avoir en même temps saponification de la fonction éther acétique et dès lors on pouvait penser que l'on obtiendrait facilement ce composé en partant de l'élatéridine. On obtient bien en effet, dans l'action de l'oxyde d'argent sur l'élatéridine, un corps insoluble dans les alcalis, mais il ne se forme qu'en quantité extrêmement faible.

Remarquons en terminant que ces faits s'accordent très peu avec l'idée, émise par quelques auteurs, de la présence d'une fonction aldéhyde dans l'élatérine, car alors le produit principal de la réaction devrait être un acide et non un corps insoluble dans les alcalis.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aloïnose ou sucre d'aloïne.* Note de M. E. Léger, présentée par M. E. Jungfleisch.

J'ai déjà indiqué la formation de ce sucre dans le dédoublement de la barbaloïne et de l'isobarbaloïne (¹).

La présente Note a pour but d'apporter quelques précisions à l'histoire de cette matière sucrée.

Préparation. — 50^g de barbaloïne privée d'isobarbaloïne ont été placés dans un ballon bouché avec 100^{cm^3} d'alcool à 90°. Après 3 ans de contact, le mélange était devenu sirupeux et avait pris une coloration rouge brun. La saveur étant encore amère, on a ajouté une petite quantité de SO^4H^2 étendu de son volume d'eau et l'on a prolongé la durée du contact pendant encore 2 ans et 5 mois. Après ce laps de temps (5 ans et 5 mois) l'amertume du mélange avait presque complètement disparu.

L'addition de 5^{vol} à 6^{vol} d'eau précipite des dérivés anthraquinoniques, parmi lesquels se trouve la méthylisoxychrysasine ou aloémodine, tandis que le liquide filtré renferme l'aloïnose.

Après une heure de digestion au bain-marie avec un excès de carbonate de baryum, on filtre, on décolore au noir, à froid, et l'on évapore à sec dans le vide.

Le résidu est repris par l'alcool absolu et la solution filtrée est concentrée, de nouveau, dans le vide puis exposée sur SO^4H^2. On obtient ainsi $5^g,50$ d'un sirop épais, presque incolore, qui constitue le sucre d'aloïne ou aloïnose.

L'aloïnose possède une saveur légèrement sucrée, dépourvue d'amertume. Il réduit la liqueur de Fehling, donne la réaction du furfurol avec l'acétate d'aniline et la réaction de G. Bertrand (coloration violette avec HCl et l'orcine).

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1113; *Bull. Sciences pharmacol.*, août 1904, p. 65; *Journ. Pharm. et Chim.* 6e série, t. XX, p. 145.

Ici cependant, il faut remarquer que la matière violette passe plus facilement à l'état insoluble que dans le cas des pentoses connus, de l'arabinose-*l* par exemple. En ajoutant, après réaction, un peu d'éther au liquide acide refroidi, la matière précipitée se redissout en communiquant à la solution une coloration violette ou rouge vineux. Si l'on agite alors avec un excès d'éther et qu'on laisse déposer, l'éther surnageant reste incolore tandis que la coloration violette de la couche acide inférieure s'affaiblit considérablement pour passer au vert émeraude.

Cette coloration verte est très stable, elle peut se maintenir pendant plusieurs jours après lesquels ils se forme un précipité bleu vert. Si l'on ajoute de nouvel éther, pour remplacer celui qui s'est évaporé, le précipité se redissout dans la liqueur acide avec une coloration plus intense et d'un vert bleu. Après un très long temps, le précipité devient noir ; il cesse alors de se dissoudre quand on ajoute de l'éther. Ces différentes colorations ne sont pas spéciales à l'aloïnose ; tous les pentoses semblent les donner ; c'est le cas de l'arabinose-*l*, de l'arabinose-*d*, du xylose-*l*. Avec ces trois sucres, cependant, la coloration violette passe d'abord au bleu, puis au bleu vert par addition d'éther. Cette différence est peut-être due à la présence de substances étrangères dans le sirop d'aloïnose. Le rhamnose et le glucose, au contraire, ne donnent, après traitement de la solution (orcine, sucre, HCl) par l'éther, que des colorations rose sale ou feuille morte, très atténuées.

L'aloïnose, chauffée pendant 30 minutes au bain-marie avec une solution d'acétate de phénylhydrazine, fournit en quantité abondante une osazone cristallisée en lamelles allongées et pointues, peu solubles dans l'eau froide.

Pouvoir rotatoire. — L'aloïnose étant incristallisable, pour en déterminer le pouvoir rotatoire j'ai établi le poids p de sucre contenu dans 100 parties de solution en dosant ce sucre, à l'aide du procédé G. Bertrand [1], dans la solution examinée au polarimètre. Cette solution, observée dans un tube de $2^{dm},2$, a donné une déviation $a = -2^{\circ},9$ à $+19^{\circ}$.

Le dosage de la quantité p de sucre qu'elle renfermait a donné, dans trois expériences, des valeurs variant entre $2^{g},25$ et $2^{g},30$. En conséquence $[\alpha_D] = -57^{\circ},3$ à $-58^{\circ},5$.

On a supposé dans l'établissement de p que le pouvoir réducteur de l'aloïnose était semblable à celui du xylose-*l*. Si l'on avait pris comme terme de comparaison l'arabinose-*l*, la valeur de α_D aurait été voisine de -61°.

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 1285.

Sucre de la nataloïne. — Si l'on met en contact, pendant 1 an, 5^{gr} de nataloïne avec 100^{cm^3} d'alcool à 90° et 10^{cm^3} d'un mélange, à volumes égaux, d'eau et de SO^4H^2, on retrouve presque toute la nataloïne inaltérée. Du liquide obtenu en ajoutant 5^{vol} à 6^{vol} d'eau et filtrant, j'ai pu extraire une petite quantité d'un sucre incristallisable, ayant toutes les propriétés de l'aloïnose, lévogyre, mais dont la quantité était trop faible pour qu'il m'ait été possible de voir si les deux sucres étaient semblables ou différents. Sa formation était accompagnée de celle d'une quantité relativement importante d'acide éthylsulfurique.

Nature de l'aloïnose. — Les réactions de ce corps le rattachent au groupe des pentoses. Son pouvoir rotatoire gauche le différencie des pentoses dextrogyres. La valeur de ce pouvoir rotatoire est très différente de celle de l'arabinose-*d*, sucre également lévogyre.

Récemment, MM. F. Haiser et F. Wenzel (1) ont obtenu un nouveau pentose lévogyre à l'aide de la carnine, produit retiré de l'extrait de viande de Liebig par Weidel. La carnine, selon ces auteurs, se dédoublerait en hypoxanthine et inosine, laquelle, soumise à l'hydrolyse acide, fournirait une seconde molécule d'hypoxanthine, ainsi qu'un pentose incristallisable. MM. P.-A. Levene et W.-A. Jacobs (2) ont réussi à faire cristalliser le pentose de l'inosine. Ils lui attribuent un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -19^\circ,5$. Cette valeur est, comme on le voit, très différente de celle de l'aloïnose. Il en résulte que le sucre de la barbaloïne apparaît comme un sucre nouveau et que le nom d'*aloïnose* se trouve jusqu'ici justifié. Remarquons enfin que l'aloïnose lévogyre provient du dédoublement de la barbaloïne dextrogyre (en solution aqueuse), c'est-à-dire que le pouvoir rotatoire du sucre est inverse de celui de la substance qui le fournit, ce qui est la règle générale pour les glucosides.

Dans la formule de constitution que j'ai proposée pour la barbaloïne (3) figure, non un pentose, mais un méthylpentose. Si l'aloïnose est réellement un pentose, il y aura lieu de faire subir à la formule développée de la barbaloïne une légère modification.

D'autre part, on peut dire que toutes les formules de constitution de la barbaloïne qui ne tiennent pas compte de la production d'un sucre par dédoublement doivent être rejetées. Il en est ainsi, en particulier, de la for-

---

(1) *Monatshefte*, t. XXIX, p. 157.
(2) *Berichte*, t. XLII, 1909, p. 335 et 1198.
(3) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1584.

mule proposée récemment par MM. Robinson et Simonsen [1]. Les expériences récentes de MM. Œsterle et Riat [2] confirment l'exactitude de cette conclusion.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclohexanetriols et dérivés.* Note de M. **Léon Brunel**, présentée par M. E. Jungfleisch.

En faisant agir sur l'éther éthylique du Δ_2-cyclohexénol, dont j'ai décrit antérieurement la préparation (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. VI, p. 269), l'iode et l'oxyde de mercure en présence d'eau, j'ai obtenu un liquide huileux, de formule $C^2H^5O - C^6H^9 - (OH)I$, fournissant par saponification un mélange de deux cyclohexanetriols isomères 1-2-3. Je n'ai pu résoudre la question de savoir si le liquide iodé est formé d'une seule iodhydrine, dont une partie s'isomériserait pendant les différents traitements poursuivis en vue de l'obtention des deux triols, ou si le liquide est formé dès le début de deux iodhydrines.

L'étude de ces deux cyclohexanetriols et de leurs dérivés fait l'objet de la présente Note.

Pour préparer l'iodhydrine, on dissout 25^g de Δ_2-éthoxycyclohexène dans 50^{cm^3} d'éther; on ajoute à cette solution 2^g d'eau et 22^g d'oxyde jaune de mercure puis, par petites portions, 50^g d'iode; la réaction dégageant de la chaleur, il est nécessaire de refroidir. La solution éthérée, séparée du bi-iodure de mercure formé, est lavée à l'iodure de potassium, puis séchée sur le sulfate de sodium anhydre; évaporée à basse température, elle laisse comme résidu un liquide huileux, jaunâtre, odorant, dont les analyses correspondent à la formule $C^2H^5O - C^6H^9(OH)I$.

Si la réaction précédente est faite en employant l'alcool ordinaire comme solvant, on obtient un liquide huileux, jaune, de formule

$$(C^2H^5O)^2 = C^6H^9 - I.$$

Dans le premier cas, il y a eu fixation des éléments de l'acide hypoiodeux sur la liaison éthylénique; dans le second cas, les éléments de l'hypo-

---

(1) *Journal of the chem. Soc.*, t. XXV, 1909, p. 76.

(2) *Schweiz. Wochenschr. für Chem. und Pharm.*, t. XLVII, 1909, p. 71.

iodite d'éthyle ont été fixés. J'ai d'ailleurs fait connaître antérieurement ces réactions (*Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 1055).

La solution éthérée d'*éthoxyiodocyclohexanol* étant additionnée de potasse récemment fondue et pulvérisée, une réaction assez vive, accompagnée d'un dégagement de chaleur, se produit et il se forme l'*éther-oxyde interne* d'un *éthoxycyclohexanediol*, (1) $C^2H^5O - C^6H^9 = (OH)^2$ (2.3). La réaction terminée, on isole cet éther et on le purifie par distillation fractionnée. On obtient ainsi un liquide mobile, incolore, peu odorant, de densité inférieure à celle de l'eau; il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther; il ne cristallise pas par refroidissement à -10°, il bout à 90°-91°, sous 25^{mm} de pression et à 192°-193° sous la pression normale.

Chauffé en vase clos avec une quantité équimoléculaire d'eau, pendant 2 heures à 100°, il fournit quantitativement l'*éthoxycyclohexanediol* correspondant, (1) $C^2H^5O - C^6H^9 = (OH)^2$ (2.3). Celui-ci est un liquide huileux, incolore, inodore, très soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone, bouillant à 148°-149° sous 20^{mm}.

J'ai obtenu les *cyclohexanetriols* à partir de cet éthoxycyclohexanediol par destruction de la fonction éther-oxyde au moyen de l'acide bromhydrique. A cet effet l'éther-oxyde éthylique a été chauffé à 70° pendant 10 minutes, en vase clos, avec son volume d'acide bromhydrique en solution aqueuse saturée à 0°; le liquide a été neutralisé par le carbonate de potassium pulvérisé et le magma résultant extrait par l'acétone. La solution acétonique, séchée sur le sulfate de sodium anhydre, abandonne par distillation un résidu huileux, épais qui, exposé sur l'acide sulfurique, se prend bientôt en une masse de cristaux. Ceux-ci sont constitués par un mélange de deux cyclohexanetriols, $C^6H^9 \equiv (OH)^3$ (1.2.3). Je désignerai par α celui des deux alcools qui forme la presque totalité du mélange, par β son isomère. Ces deux triols ne peuvent être séparés par des cristallisations fractionnées dans les solvants usuels. Au contraire, en les transformant en éthers acétiques ou en éthers benzoïques, la séparation par cristallisation de ces éthers est relativement facile.

On chauffe, par exemple, pendant quelque temps, le mélange brut des deux triols avec un excès de chlorure de benzoyle, puis, après élimination de l'excès de chlorure acide par des lavages à l'eau alcaline, le mélange d'éthers est soumis à des cristallisations fractionnées dans la benzine. On sépare ainsi deux benzoates qu'il suffit de saponifier par la potasse en milieu hydro-alcoolique pour obtenir les alcools correspondants.

Le β-cyclohexanetriol peut d'ailleurs être formé par une réaction diffé-

rente de celle précédemment indiquée. Il suffit de faire réagir sur le Δ_2-éthoxycyclohexène une solution étendue et froide de permanganate de potassium.

On obtient ainsi directement un éthoxycyclohexanediol

$$(1)C^2H^5O - C^6H^9 = (OH)^2(2.3),$$

liquide sirupeux, incolore, qui est un composé unique car, traité par l'acide bromhydrique fumant, il fournit le β-cyclohexanetriol pur de tout mélange.

Cyclohexanetriol-α, $C^6H^9 \equiv (OH)^3(1.2.3)$. — Cet alcool cristallise de l'éther acétique en aiguilles incolores. Il est soluble en toutes proportions dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'acétone, peu soluble dans l'éther et dans l'éther acétique à froid, très soluble à chaud dans ce dernier liquide; il est insoluble dans la ligroïne et la benzine. Il fond à 108° et se sublime, en fines aiguilles, un peu au-dessus de cette température.

L'éther triacétique de l'α-cyclohexanetriol, formé au moyen de l'anhydride acétique en présence de pyridine, cristallise en prismes incolores, inodores; il est très soluble dans l'alcool, la benzine, l'acétone, l'acétate d'éthyle. Il fond à 126° en se sublimant rapidement, dès cette température, en un feutrage de fines aiguilles.

L'éther tribenzoïque cristallise en longues aiguilles brillantes, incolores, inodores. Cet éther est très soluble à chaud dans l'alcool, la benzine, l'acétone. Il fond à 141°-142°.

Cyclohexanetriol-β, $C^6H^9 \equiv (OH)^3(1.2.3)$. — Cet alcool, obtenu par les deux procédés indiqués, cristallise de l'éther acétique en petites tables incolores, inodores. Il est très soluble dans l'eau, l'alcool, soluble surtout à chaud dans l'acétate d'éthyle, insoluble dans la benzine. Il fond à 124°.

L'éther triacétique du β-triol est un liquide sirupeux, incolore, inodore; il n'a pu être amené à cristallisation à —15°. Il est soluble dans l'alcool, le chloroforme.

L'éther tribenzoïque se présente en gros cristaux incolores, inodores. Il est à peu près insoluble à froid dans la benzine, l'alcool, légèrement plus soluble à chaud. Il se dissout plus facilement dans l'acétone. Il fond à 181°.

Les deux triols qui viennent d'être décrits ne sont pas identiques à l'alcool de même composition obtenu par MM. Sabatier et Mailhe (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1196) dans l'hydrogénation catalytique du pyrogallol.

BOTANIQUE. — *Une nouvelle espèce de Bourse-à-Pasteur :* Capsella Viguieri *Blar.*, *née par mutation.* Note de MM. **L. Blaringhem** et **Paul Viguier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'un de nous a trouvé en avril 1908, dans la vallée d'Ossau (Basses-Pyrénées), à une altitude voisine de 500^m, le long de la voie du chemin de fer de Pau à Laruns, à 30^m environ de la station d'Izeste, une plante qui,

par son feuillage, son port, ses grappes de fleurs allongées, rappelle la vulgaire Bourse-à-Pasteur (*Capsella Bursa Pastoris* Mœnch), mais qui en diffère entre autres caractères par un trait essentiel : les fruits, au lieu d'être plats, triangulaires, à deux carpelles, présentent quatre valves et ressemblent en petit à des fruits de fusain (*Evonymus europæus*).

Suivant en cela l'exemple donné récemment par Solms Laubach au sujet d'une autre mutation de la Bourse-à-Pasteur ([1]), cette forme nouvelle a été désignée sous le nom de *Capsella Viguieri* ([2]).

La plante initiale fut rapportée à Paris avec grand soin, et cultivée au laboratoire de Botanique de l'École Normale supérieure en vue de la récolte des graines. D'une rosette peu vigoureuse de feuilles à peine dentées s'élevait à 20^{cm} environ une tige unique portant alors plusieurs fruits, tous à 4 valves; quelques-uns étaient déjà tombés, les autres mûrirent leurs graines qui furent récoltées jour par jour. Les fleurs terminales de la grappe, malgré les arrosages et les soins de protection ne s'épanouirent pas. A cette époque, en raison d'une blessure visible à la loupe et que l'on pouvait attribuer à la voracité d'une limace, les caractères de condensation de la grappe florale furent peu apparents, mais la hampe terminale endommagée, conservée dans l'alcool, montra à la suite d'une nouvelle étude des caractères très nets de fasciation. Celle-ci se traduisait, non pas, comme en général, par un axe aplati, mais par une condensation excessive des boutons ramassés en une grappe serrée, spiciforme, au lieu d'être étalée au sommet en fausse ombelle. La croissance successive des bourgeons floraux et l'épanouissement des fleurs de la Bourse-à-Pasteur du type normal sont en effet accompagnés d'un allongement des pédoncules qui amène les bourgeons les plus développés et les fleurs épanouies à se trouver sur le même plan que les bourgeons terminaux à peine visibles; ce n'est qu'après la fécondation et le flétrissement des enveloppes florales que l'axe central s'allonge, donnant à la grappe son aspect définitif. L'un de nous a montré, par une étude des grappes de Maïs ([3]) qu'en dehors des fascies aplaties, il existait des fascies cylindriques caractérisées par la succulence et l'épaississement de l'axe, la croissance ralentie, et surtout la condensation excessive des bourgeons floraux. Tous ces derniers caractères se retrouvent sur la hampe florale de la plante récoltée à Izeste, et il est même permis de supposer que la déchirure des tissus attribuée à une limace s'est produite spontanément comme il est fréquent de le constater dans les véritables fascies.

La plante *Capsella Viguieri* était unique en sa station au printemps 1908; les nombreux individus de *Capsella Bursa Pastoris* existant dans le voisinage avaient été

([1]) H. Solms Laubach, *Cruciferienstudien*. I. *Capsella Hæggeri* Solms *eine neuenstandene Form der deutschen Flora* (*Bot. Zeit.*, t. LVIII, *Pl. VII*, 1909, p. 167-190).

([2]) Blaringhem, *Capsella Viguieri* Blar. n. sp. (Manuscrit inédit).

([3]) L. Blaringhem, *Mutation et traumatismes* (*Bull. Sc. Fr. et Belg.*, Paris, 1907, p. 111 et suiv.).

examinés avec soin et ne présentaient aucune anomalie. Il n'est cependant pas très rare de rencontrer des Bourses-à-Pasteur ayant quelques fruits à 3 ou 4 valves. Penzig (1), Wille (2) en signalent plusieurs cas; l'un de nous en a constaté sur deux espèces élémentaires distinctes [*C. B. rubella* à Val d'Isère (Savoie) et *C. B. simplex* Shull à Sceaux]; dans ces deux cas d'ailleurs l'anomalie concernait le bas de l'inflorescence et n'affectait que les 2 ou 3 premières fleurs. Aussi, sur nos indications, un botaniste de Pau, au courant de la première découverte, M. Donnay, voulut bien le mois suivant examiner de nouveau la station et nous envoyer dans autant de sacs les individus de Bourse-à-Pasteur, d'ailleurs tous normaux, qu'il y récolta.

Les graines de ces plantes furent recueillies isolément, et les 35 lots obtenus furent livrés à la culture en 1909 dans un terrain défriché au milieu du bois de Meudon pour éviter tout mélange accidentel avec les Bourses-à-Pasteur indigènes. Les plantes obtenues sont toutes du type *C. B. rubella* d'Almquist (3), soit du type *C. B. heteris* de Shull (4); les pousses de première année, comme les tiges développées sur des rosettes ayant passé l'hiver et les rejets obtenus après section de la tige principale n'ont donné que des fruits à 2 valves; seul, un individu du lot n° 3 a fourni un fruit à 3 valves donné par la première fleur développée; ce fruit n'a malheureusement pas pu être récolté.

Depuis 1908, la station d'Izeste a été de nouveau examinée plusieurs fois sans qu'on ait pu y retrouver d'individus présentant la variation.

La forme *Capsella Viguieri* Blar., ayant tous ses fruits à 4 valves, est donc apparue sans aucune transition dans un lot de Capselles à deux valves dont elle s'est distinguée dès le début par une particularité florale remarquable. Or, tous ses descendants, sans aucune exception, cultivés actuellement jusqu'à la troisième génération (soit environ 220 individus) ont présenté le même caractère de fruits à 4 valves. Dans plusieurs cas on a pu compter 5 et 6 valves, une seule fois 8, ce dernier fruit résultant d'ailleurs de la suture de deux fleurs voisines portées par un axe aplati. Dans ces mêmes cultures, les caractères de fascie se sont développés à l'extrême, surtout pour les plantes de l'automne 1909 cultivées à Bellevue parmi lesquelles certaines tiges se sont étalées sur une largeur dépassant 1^{cm}. Nous reviendrons ultérieurement sur leurs caractères.

Pour le moment, nous insistons sur les particularités qui font de cette mutation de la Capselle, l'exemple le plus net et le plus frappant connu

---

(1) Penzig, *Pflanzen-Teratologie*, t. I, p. 236 et 268.

(2) Wille, *Bot. Centr.*, t. XXVI, 1886, p. 121.

(3) E. Almquist, *Studien über die Capsella Bursa Pastoris* (L.) (*Acta Horti Bergiani*, t. IV, 1907).

(4) G.-H. Shull, *Bursa Bursa-Pastoris and Bursa Hæggeri. Biotypes and Hybrids*, Washington, 1909.

actuellement. Solms Laubach a décrit sous le nom de *Capsella Hæggeri* une plante à fruits presque globuleux comme ceux de la Cameline, qui se transmet régulièrement par semis, et qui fut trouvée sur la place du marché de Landau en Allemagne ; d'après Laubert (¹) et Noll (²) cette mutation avait déjà été observée, mais négligée. Il n'y a pas à notre connaissance d'exemple cité d'une plante à caractères de Capselle n'ayant que des fruits à 4 valves, et même il n'y a pas d'espèce dans la famille des Crucifères qui présente cette particularité. *La forme* Capsella Viguieri *est une variation récente, apparue sans aucune transition et complètement stable.*

Tous les descendants de l'individu unique d'Izeste ont été cultivés et seront encore soumis à des observations sur une échelle étendue. Quelques-uns ont été hybridés avec le *Capsella Bursa Pastoris* Mœnch, afin de suivre pour cette forme nouvelle la méthode adoptée par Shull pour la *Capsella Hæggeri* Solms. Mais, de plus, comme il a été possible de récolter des individus vivant dans la même station, à la même époque, et appartenant bien à l'espèce *Capsella Bursa Pastoris*, leur culture faite avec tous les soins nécessités en pareil cas permettra peut-être de retrouver le détail de la variation brusque qui donne ainsi naissance à de nouvelles espèces.

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE. — *Effets physiologiques produit par un champ magnétique alternatif.* Note de M. **Silvanus-P. Thompson**, présentée par M. G. Lippmann.

On a admis jusqu'à présent que le magnétisme ne produit aucun effet physiologique ; on a constaté notamment qu'une personne qui introduit sa tête entre les pôles d'un puissant électro-aimant n'en ressent aucun effet.

J'ai cependant obtenu une action positive, perçue par toutes les personnes qui se sont prêtées à l'expérience, en opérant avec un champ alternatif suffisamment puissant.

Ce champ était produit par une bobine de 32 tours d'un fil de cuivre, assez gros pour porter jusqu'à 180 ampères : la bobine avait 8 pouces de long sur 9 pouces de

(¹) R. Laubert, *Notizen über Capsella Hæggeri* Solms (*Abh. Bot. Ver. Brandenburg.*, t. XLVII, 1905, p. 197-200).

(²) F. Noll, *Ueber eine Hæggeri-ähnliche Form der Capsella Bursa-Pastoris* Mœnch (*Sitzsber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur. u. Heilkunde zu Bonn*, 1907, p. 1-5).

diamètre. La période du courant était de 50 par seconde. La valeur maximum instantanée du champ pouvait atteindre au centre 1400 unités C. G. S.

En mettant la tête dans cette bobine, l'observateur perçoit, dans l'obscurité ou bien en fermant les yeux, une lumière faible et vacillante qui s'étend sur tout le champ visuel, et qui est incolore ou bleuâtre. La période de fluctuation est mal définie; elle ne paraît pas la même dans tout le champ, au même moment, et l'intensité n'en est pas uniformément répartie : elle est plus brillante à la périphérie qu'au centre. Même en plein jour et les yeux ouverts, on a encore la sensation d'une fluctuation lumineuse qui se superpose à la vision ordinaire.

Ces effets augmentent ou diminuent avec l'intensité du courant électrique. Le courant supprimé, on ne ressent plus rien.

Les sens de l'ouïe et de l'odorat ne sont pas affectés; le sens du goût est affecté comme celui de la vue.

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE. — *Observations au sujet de la Note de M. Silvanus-P. Thompson*, par M. **A. d'Arsonval.**

Le phénomène signalé par MM. Silvanus-P. Thompson est connu des physiologistes. Je l'ai indiqué en 1893 et 1896 dans deux Communications dont voici des extraits :

Production des courants de haute fréquence et de grande intensité; leurs effets physiologiques (1). Note de M. d'Arsonval.

IV. J'ai alors construit un solénoïde beaucoup plus grand dans lequel j'ai enfermé des animaux. J'ai fait traverser ce solénoïde par des courants alternatifs puissants, mais à faible fréquence (140 par seconde), provenant d'un alternateur Siemens industriel.

J'ai pu observer toute une série de phénomènes du plus haut intérêt, phénomènes dont la cause réside dans les puissants courants que le solénoïde induit alors dans les tissus vivants se comportant comme des conducteurs fermés sur eux-mêmes.

Il y a là toute une technique nouvelle pour employer les courants sinusoïdaux, dont j'ai introduit l'usage en électrothérapie, sans les faire passer à travers le corps du malade et sans risquer de produire chez lui soit de la douleur, soit des secousses dangereuses.

---

(1) *Comptes rendus Soc. de Biologie*, 4 février 1893, p. 123.

Dispositifs pour la mesure des courants alternatifs à toutes fréquences (1). Note de M. D'ARSONVAL.

Dans une communication verbale faite il y a un mois à la Société, j'avais annoncé qu'un champ magnétique alternatif intense (de 110 volts, 30 ampères et 42 périodes par seconde) donnait naissance, lorsqu'on y plongeait la tête, à des phosphènes et à un vertige pouvant aller chez quelques personnes jusqu'à la syncope. Il est inutile d'avoir un champ aussi puissant pour constater la production des phosphènes. Avec des bobines ayant un faisceau de fil de fer doux de 5cm de diamètre sur 30cm de long, les phosphènes apparaissent. Ce champ magnétique alternatif modifie également la forme de la contraction musculaire et produit sur les êtres vivants d'autres effets qu'il est facile de mettre en relief et dont je poursuis l'étude en ce moment.

J'ajoute qu'il suffit de tenir le faisceau de fil de fer de la bobine appliqué en bout contre la tempe en l'actionnant par un courant alternatif ainsi qu'il est dit plus haut.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'obtention, par dialyse électrique, d'un sérum extrêmement appauvri en électrolytes.* Note de MM. **CH. DHÉRÉ** et M. **GORGOLEWSKI**, présentée par M. A. Dastre.

Dans une récente communication (2), nous avons montré que la gélatine, placée dans un champ électrique, cède à l'eau, avec laquelle elle est en contact, des électrolytes qui ne peuvent lui être enlevés par simple dialyse. Ce procédé d'élimination des électrolytes liés aux colloïdes, sous l'action de la force de diffusion combinée à celle d'un champ électrique, — procédé que l'on peut nommer *dialyse électrique* (3), — s'est révélé d'une efficacité toute particulière pour la purification du sérum dont les albuminoïdes retiennent, plus énergiquement encore que la gélatine, des électrolytes; c'est ce qui nous engage à faire connaître, avec quelques détails, notre manière de conduire la purification, ainsi que les résultats obtenus, dans ce cas spécial.

Par la dialyse simple, même très prolongée, on ne peut obtenir qu'un sérum de con-

(1) *Comptes rendus Soc. de Biologie*, 2 mai 1896, p. 451.

(2) *Comptes rendus* du 11 avril 1910, p. 934.

(3) Nous nous bornons, ici, à mentionner la Note de MM. TRIBOT et CHRÉTIEN, *Sur un hydrate colloïdal de fer obtenu par électrodialyse* (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 144), qui se rapporte à une technique assez différente de la nôtre.

ductivité spécifique relativement élevée. Pour notre part, nous n'avons pas réussi à faire tomber la conductivité spécifique au-dessous de 28×10^{-6}, la concentration en albuminoïdes [1] étant de 15^g par litre ; et personne, croyons-nous, n'a préparé, jusqu'à présent, de sérum possédant, à concentration égale, une moindre conductivité. Or, comme on va le voir, on peut aisément pousser beaucoup plus loin l'élimination des électrolytes, au moyen de la dialyse électrique effectuée de la manière suivante :

On remplit de sérum un tube en U, retourné de 180°, dont les orifices des branches parallèles sont obturés par des membranes de collodion (fixées au verre au moyen de collodion) et qui porte au sommet une tubulure verticale servant à l'introduction de la liqueur à purifier. Les membranes de collodion plongent chacune dans un petit verre [2] rempli d'eau, au-dessus d'une électrode circulaire de platine. La tubulure supérieure est hermétiquement fermée, au début de l'expérience, au moyen d'un bouchon traversé par un tube à robinet. Si alors on établit une différence de potentiel suffisante entre les deux électrodes reliées par la colonne incurvée de sérum, on détermine le passage rapide des électrolytes dans l'eau des verres. De temps en temps, on remplace les verres contenant de l'eau chargée d'électrolytes par d'autres verres contenant de l'eau pure.

Voici les résultats d'une première expérience. Le sérum (de cheval) utilisé, déjà assez bien purifié par dialyse, avait une conductibilité de 91×10^{-6}, sa concentration en albuminoïdes étant de $15^g,840$ par litre. Le champ était de 5 volts-centimètre environ. La quantité de sérum mise en œuvre était de 55^{cm^3} environ. Les verres à électrodes contenaient chacun 40^{cm^3} environ d'eau distillée.

	Eaux de dialyse électrique.	
	Anodiques.	Cathodiques.
De la 1re à la 5e heure.....	$K = 9,2 \times 10^{-6}$	$K = 44 \times 10^{-6}$
De la 10e à la 22e heure.....	$K = 4,8 \times 10^{-6}$	$K = 26 \times 10^{-6}$
De la 22e à la 27e heure.....	$K = 3,8 \times 10^{-6}$	$K = 10 \times 10^{-6}$

Le sérum retiré après 26 heures de dialyse électrique avait une conductivité de $10,5 \times 10^{-6}$, sa concentration n'ayant pas changé. *On avait donc, ainsi, abaissé de près des deux tiers la valeur limite de la conductivité du sérum purifié par dialyse simple.*

Une seconde expérience a été faite avec le même sérum de conductivité 91×10^{-6} et dans les mêmes conditions opératoires, sauf que le sens du courant était inversé chaque fois qu'on changeait les verres.

---

(1) Déterminée par pesée du résidu d'évaporation desséché jusqu'à poids constant, à 110°.

(2) Ces verres, ainsi que le tube à dialyse électrique, doivent être faits en *verre d'Iéna*.

	Eaux de dialyse électrique.	
	Anodiques.	Cathodiques.
De la 11e à la 24e heure.....	$K = 5,8 \times 10^{-6}$	$K = 22 \times 10^{-6}$
De la 37e à la 51e heure.....	$K = 4,6 \times 10^{-6}$	$K = 7,2 \times 10^{-6}$
De la 73e à la 80e heure.....	$K = 3,6 \times 10^{-6}$	$K = 3,1 \times 10^{-6}$

Le sérum purifié par 79 heures de dialyse électrique avait une conductivité spécifique de $7,6 \times 10^{-6}$. Si l'on tient compte de la concentration en albuminoïdes qui atteignait près de 16g par litre, on voit que *ces albuminoïdes avaient une conductivité spécifique du même ordre de grandeur que celle des colloïdes minéraux les plus purs* (1).

Nous n'avons pas prolongé davantage la dialyse électrique, craignant une altération du sérum à la température assez élevée (18°) à laquelle nous opérions; mais nous n'étions pas encore arrivés au terme de la purification, comme l'indique l'augmentation, pendant les dernières heures, de la conductivité de l'eau de dialyse (K de l'eau utilisée vaut $1,5 \times 10^{-6}$). Cette augmentation de conductivité ne tient pas au passage d'albuminoïdes dans l'eau de dialyse, ainsi que nous nous en sommes assurés par l'examen du pouvoir protecteur (2) des eaux de dialyse sur l'or colloïdal, examen qui nous aurait permis de déceler 1 partie de notre sérum diluée dans 3000 parties d'eau.

Remarquons que la conductivité des eaux de dialyse augmente beaucoup plus à la cathode qu'à l'anode, sauf tout à la fin où c'est l'inverse (avec un bien moindre écart) qui se produit. Nous signalerons encore qu'en procédant comme nous l'avons dit, il n'y a qu'un transport des albuminoïdes à-peu près insensible; mais on voit se former, au cours de la purification, un très léger précipité (de quelques millimètres de hauteur) juste au contact de la membrane cathodique.

En comparant les propriétés de notre sérum de conductivité $K = 91 \times 10^{-6}$ à celle de notre sérum de conductivité $7,6 \times 10^{-6}$, nous avons fait, entre autres, les constatations suivantes :

Le sérum incomplètement dialysé, additionné d'alcool ou porté à la température d'ébullition, devenait fortement laiteux, sans qu'il se formât de coagulation floconneuse.

Par contre, le sérum pur coagulait en flocons par addition de très petites quantités d'alcool et ces flocons ne pouvaient être redissous dans l'eau, en l'absence d'électrolytes.

---

(1) Nos résultats sont à rapprocher de ceux obtenus, dans des conditions analogues, avec l'or colloïdal, par Whitney et Blake, *Journ. amer. chem. Soc.*, 1904, p. 1339.

(2) Il s'agit du pouvoir protecteur tel que l'a défini Zsigmondy, sur l'or colloïdal préparé suivant sa formule. Cette préparation réussit à coup sûr avec de l'eau distillée condensée dans un réfrigérant en étain ou avec de l'eau distillée ordinaire qu'on a fait bouillir pendant quelque temps avec de l'étain pur (marque Kahlbaum).

Enfin ce sérum pur non seulement coagulait en gros flocons à une température bien inférieure à celle de l'ébullition, mais encore, chose remarquable, il devenait très nettement louche déjà à 44°, si on le maintenait 15 minutes à cette température. Ce louche tient à une coagulation partielle; il n'est pas stable et se transforme au bout de quelque temps en flocons qui se précipitent.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'embryogenèse complète provoquée chez les Amphibiens par piqûre de l'œuf vierge, larves parthénogénésiques de* Rana fusca. Note de M. **E. Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

Les femelles sacrifiées sont lavées soigneusement dans l'eau saturée de bichlorures, de façon à éviter toute intervention accidentelle des spermatozoïdes. Elles sont ouvertes avec des instruments flambés. Les œufs, recueillis dans l'utérus, sont étalés à sec en une seule couche dans des récipients à fond plat; et tous sont piqués rapidement au moyen d'un court stylet de verre, de manganine ou de platine. Les calibres employés ont varié dans mes opérations, entre $\frac{3}{100}$ et $\frac{8}{100}$ de millimètre. Une traînée légère indique le point lésé; et, par la suite, il se produira souvent des hernies plus ou moins volumineuses. J'ai opéré un peu au hasard, tout en m'efforçant d'atteindre l'œuf en un point excentrique de l'hémisphère noir. Les œufs recouverts d'eau effectuent uniformément leur rotation en 45 minutes, comme les témoins fécondés. Les témoins vierges non piqués sont orientés d'une façon quelconque. Au bout de 4 heures à une température voisine de 15°, la segmentation débute sur les œufs traités, *aussi vite que sur les fécondés*. Pour beaucoup d'entre eux ($\frac{1}{3}$ au moins dans certaines expériences) elle est d'une régularité impressionnante. Jamais mes essais antérieurs de parthénogenèse par les solutions, par la chaleur ou par le froid, ne m'ont rien donné de comparable. Les sillons s'étendent au pôle vitellin dès le début; et les belles morulas qu'on observe à la fin du premier jour ne le cèdent en rien aux ébauches issues d'une fécondation. A côté de ces divisions régulières, il y a des divisions simultanées en 3 ou en 4; et, sur beaucoup d'œufs, un émiettement plus tardif, plus irrégulier, rappelant la parthénogenèse abortive déjà décrite. En tout cas, en 6 ou 7 heures les $\frac{3}{4}$ des œufs sont segmentés, et l'on peut dire que tous sont en mouvement.

L'arrêt du développement s'observera à tous les stades. La gastrulation débutant souvent sur plus de $\frac{1}{10}$ des œufs, beaucoup ne franchiront pas le

stade du bouchon d'Ecker; d'autres, sérieusement lésés, péricliteront au stade des bourrelets médullaires. Et, dans les neuf séries d'expériences que j'ai faites, je n'ai obtenu en moyenne que 1 à 2 pour 100 d'éclosions à peu près normales. Comme je sacrifiais toujours une part importante de mes stocks sous diverses formes, témoins vierges, témoins fécondés, fécondation après piqûre, on comprendra que ces neuf opérations ne m'aient donné qu'*une douzaine de larves libres*. Mais j'ai la conviction qu'avec les stylets plus fins et un contrôle systématique des effets de la piqûre en divers points, un expérimentateur plus habile obtiendra un pourcentage bien supérieur.

Cette parthénogenèse effective chez un Vertébré était, pour moi, un résultat inespéré. L'élevage des larves étant *en général* facile, un chercheur bien installé pourra peut-être aborder sur ce matériel la solution de problèmes fondamentaux. Mais il convient de s'arrêter sur le procédé mis en œuvre, car *ce n'est pas au hasard que ces expériences ont été faites*.

Dans l'imprégnation hétérogène des œufs de *Bufo calamita* par le sperme de *Triton alpestris*, j'ai indiqué l'an dernier l'inertie des têtes spermatiques engagées dans l'œuf depuis 3 heures 30 minutes, alors que la mise en branle est acquise, que l'œuf a effectué sa rotation et est devenu réfractaire au sperme de son espèce, que la deuxième cinèse polaire s'est achevée et que le pronucleus femelle entre en mouvement pour la première division [1]. Il s'agissait d'une véritable parthénogenèse, « exempte de toute conjugaison plasmatique ou nucléaire ». L'émission des fluides, *primum movens* de l'évolution, ne me paraissait plus liée nécessairement « ni au gonflement du pronucleus mâle, ni à l'apparition d'un spermaster ». Restait l'action mécanique de l'élément mâle avec ses conséquences, le traumatisme local et la contraction de l'œuf modifiant l'équilibre osmotique intérieur. De là l'idée qu'une simple piqûre pourrait isoler de l'amphimixie la condition initiatrice du développement. Le résultat fut plus troublant que je ne l'attendais, n'ayant en perspective qu'une segmentation limitée. En tout cas, la dissociation se produit ici comme dans l'imprégnation hétérogène. L'œuf ponctionné oriente son axe animal-végétatif, et au moins sur les quelques-uns que j'ai étudiés, la deuxième cinèse polaire sort du stade plaque équatoriale pour entrer en anaphase. Il sera intéressant de rechercher les conditions d'inertie chez l'œuf vierge : à ce point de vue, une analyse expérimentale des phénomènes caryocinétiques, actuellement sous presse [2], semblera peut-être suggestive.

---

[1] E. Bataillon, *Contribution à l'analyse expérimentale des processus de fécondation chez les Amphibiens* (*Comptes rendus*, 7 juin 1910). — *L'imprégnation hétérogène sans amphimixie nucléaire chez les Amphibiens et les Échinodermes* (*Arch. f. Entw. Mech.*, Bd. XXVIII, 1. Heft).

[2] E. Bataillon, *Contribution à l'analyse expérimentale des phénomènes caryocinétiques chez* Ascaris megalocephala (*Arch. f. Entw. Mech.*, Jubelband v. W. Roux, 1910, *sous presse*).

Une action mécanique, suivie d'une réaction appropriée de l'œuf qui élimine un fluide et modifie son état d'équilibre : voilà à quoi se ramène *la substance active commune à tous les spermes* invoquée par Kupelwieser à propos de l'imprégnation sans amphimixie. L'amphimixie seule est *spécifique* (au sens large du mot), mais représente quelque chose de surajouté. La réaction de l'œuf, au contraire, est une condition générale de développement, qui peut être isolée, même par un procédé mécanique : on conçoit qu'elle ne puisse facilement s'encadrer dans des formules chimiques; Loeb a dû s'en apercevoir lorsqu'il s'est heurté aux sérums comme facteurs de parthénogenèse.

En tout cas, je me crois autorisé à dire que l'œuf d'Amphibien, actionné indifféremment par un stylet de verre, de manganine ou de platine, ne reçoit *directement* du milieu ni un catalyseur, ni un matériel chimique, ni une polarité quelconque.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique.* Note de MM. **J. Bridré** et **L. Nègre**, présentée par M. E. Roux.

La nature du parasite de la lymphangite épizootique reste très controversée : certains auteurs le considèrent comme une levure; d'autres, comme un protozoaire. Et cette question ne semble guère devoir être tranchée que par la culture, jusqu'ici très problématique, du *cryptocoque* de Rivolta.

Nous avons pensé que la méthode de *déviation du complément* pourrait apporter un aperçu nouveau dans une discussion qui n'a, actuellement, pour bases que des caractères morphologiques.

I. Nous avons d'abord recherché la *sensibilisatrice* dans le sérum d'animaux atteints de lymphangite épizootique, en employant comme antigène une dilution de cryptocoques dans l'eau physiologique.

Un cordon de lymphangite, fraîchement excisé, renfermait un certain nombre de noyaux, de grandeur variable, pouvant être pris pour des abcès au début : il s'agissait en réalité de colonies pures du parasite : une de ces colonies, de la grosseur d'un petit pois, fut émulsionnée dans 8^{cm^3} environ d'eau physiologique. C'est cette dilution qui nous a servi d'antigène).

Voici le protocole de l'expérience :

(L'alexine étant titrée, nous avons fait varier la dose d'antigène.)

Eau physiologique.	Sérum chauffé d'animal à lymphangite épizootique (mulet).	Antigène.	Alexine (sérum de cobaye au $\frac{1}{10}$).	Après 1 heure à l'étuve à 36°, on ajoute :	Résultats après 20 minutes à l'étuve.
1,2	0,5	0,1	0,2	Sérum de cheval antichèvre et globules de chèvre	Très légère hémolyse (l'antigène était en quantité insuffisante)
1,2	0,5	0,2	0,2		Pas d'hémolyse
1	0,5	0,3	0,2		Pas d'hémolyse
1,7		0,1	0,2	Id.	Hémolyse
1,6		0,2	0,2		
1,5		0,3	0,2		
1,3	0,5		0,2	Id.	Hémolyse
1,3	0,5		0,2		
1,3	0,5		0,2		

Même expérience avec sérum normal d'âne : hémolyse dans tous les tubes.

Conclusion. — Le sérum d'animal atteint de lymphangite épizootique renferme une sensibilisatrice pour le cryptocoque.

II. Si le cryptocoque est une levure, peut-être arriverait-on à des résultats identiques à ceux de l'expérience ci-dessus en employant comme antigène une culture de blastomycète connu.

Nous nous sommes servis d'une levure de raisin [1] cultivée sur gélose et émulsionnée dans l'eau physiologique, autant que possible dans les mêmes proportions que pour le cryptocoque.

Les doses de sérum, d'antigène et d'alexine étaient exactement les mêmes que dans l'expérience I.

Résultats. — 1° Avec le sérum d'animal malade, pas d'hémolyse dans les trois premiers tubes; hémolyse dans les tubes témoins.

2° Avec le sérum normal, hémolyse partout.

Conclusion. — La sensibilisatrice du sérum d'un animal à lymphangite épizootique manifeste son action en présence d'une levure.

---

[1] Levure fermentant à haute température, isolée en Indo-Chine par M. le Dr Calmette.

Nous avons renouvelé les expériences ci-dessus en nous servant de sérum de cheval malade et de sérum normal de cheval.

L'antigène était soit le cryptocoque, soit la levure.

Comme le montre le protocole de l'expérience, nous avons fait agir les sérums en présence d'une dose fixe d'antigène et d'une dose variable d'alexine.

Eau physiologique.	Sérum chauffé d'animal à lymphangite épizootique (cheval).	Antigène (cryptocoque ou levure).	Alexine.	Après 1 heure à l'étuve à 37°, on ajoute :	Résultats après 20 minutes à l'étuve.
1,1	0,5	0,3	0,1	Sérum de cheval antichèvre et globules de chèvre	Pas d'hémolyse
1	0,5	0,3	0,2		Pas d'hémolyse
1,6		0,3	0,1	Id.	Hémolyse
1,5		0,3	0,2		
1,4	0,5		0,1	Id.	Hémolyse
1,3	0,5		0,2		

Avec le sérum normal de cheval, hémolyse partout.

D'après ce Tableau, on peut voir que ces nouvelles expériences ont confirmé pleinement les résultats des expériences précédentes.

Il fallait voir ensuite si un microbe quelconque, le *Bact. coli* par exemple, ne pouvait agir, comme le cryptocoque et la levure, en présence de la sensibilisatrice.

Mêmes doses que ci-dessus en employant comme antigène une émulsion de *B. coli* cultivé sur gélose.

Le résultat est négatif : il y a hémolyse dans tous les tubes.

Il restait à voir si le cryptocoque ou la levure n'étaient pas capables de fixer une autre sensibilisatrice que celle du sérum d'animal à lymphangite.

Nous avons fait agir, toujours aux mêmes doses, du sérum antipesteux en présence d'émulsions de cryptocoque et de levure.

Résultat négatif : hémolyse partout.

Conclusions. — 1° Le sérum des animaux atteints de lymphangite épizootique renferme une sensibilisatrice.

2° Cette sensibilisatrice manifeste son action aussi bien en présence d'une levure qu'en présence du parasite spécifique.

3° Un autre microbe tel que le *B. coli* n'est pas sensibilisé par le sérum d'animal à lymphangite épizootique.

4° Ni la levure, ni le cryptocoque ne sont sensibilisés par un sérum antimicrobien tel que le sérum antipesteux.

5° Ces constatations plaident en faveur de la nature blastomycélienne du parasite de la lymphangite épizootique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la présence des germes virulents dans l'atmosphère des salles d'hôpital.* Note de MM. **E. Lesné**, **R. Debré** et **G. Simon**, présentée par M. E. Roux.

Pour déceler les germes pathogènes en suspension dans l'air d'une salle d'hôpital, nous nous sommes servis de l'Aérofiltre (¹) du professeur Richet. Cet appareil, au moyen d'un ventilateur, amène constamment l'air au contact d'eau réduite en pluie, les poussières flottantes sont ainsi ramassées dans le liquide. Nous avons opéré à l'hôpital des Enfants-Malades et à l'hôpital Bretonneau, dans les pavillons de la rougeole et de la diphtérie. Ces pavillons sont neufs, les enfants y sont isolés dans des boxes incomplets, ouverts en grand (rougeole) et complètement fermés (diphtérie). Le sol carrelé est nettoyé chaque jour avec un linge humide. Les boxes sont désinfectés ainsi que la literie après la sortie de chaque malade.

L'Aérofiltre, placé dans un box occupé par un enfant atteint soit de rougeole en période éruptive, soit d'angine diphtérique grave, a été chargé d'un litre d'eau récemment bouillie. Il a fonctionné 6, 12 ou 24 heures, à raison de 2, 4 ou 6 heures par jour; chaque fois que le récipient supérieur était vide on y remettait l'eau écoulée dans le récipient inférieur; quand la durée de l'expérience était jugée suffisante, le liquide était décanté et la partie inférieure chargée de poussière était centrifugée. Le dépôt ainsi recueilli était injecté dans le péritoine de cobayes (pesant en général moins de 500^g) aux doses variables de $0^{cm^3},5$ à 6^{cm^3}. Les autopsies étaient pratiquées de 1 à 2 heures après la mort, la sérosité péritonéale et le sang du cœur ont été ensemencés sur divers milieux de culture.

Cinq cobayes ont été inoculés avec le dépôt de centrifugation provenant de l'eau de l'Aérofiltre qui avait fonctionné 24 heures dans le pavillon des enfants malades. Ces

(¹) Ch. Richet, *Bulletin Acad. de Médecine*, juillet 1909.

animaux ont succombé après un temps variable de 11 jours à 58 jours. Deux avaient de la péritonite avec épanchement séro-purulent ou hémorragique. Ce dernier exsudat renfermait un streptocoque virulent pour le lapin. Les trois autres animaux n'avaient pas de péritonite, mais dans un cas le sang du cœur fournit des streptocoques virulents pour le lapin. Aucun de ces cobayes ne présentait de lésions viscérales caractérisant la diphtérie expérimentale. La présence du streptocoque n'a rien de surprenant car on sait que cette bactérie est fréquemment associée au bacille diphtérique.

Dans le pavillon de la diphtérie, à l'hôpital Bretonneau, l'Aérofiltre a fonctionné 6 heures et 3 cobayes inoculés avec le dépôt de centrifugation sont morts de 9 à 20 jours après l'opération. Tous présentaient des lésions typiques de la diphtérie expérimentale (congestion des capsules surrénales, épanchement pleural bilatéral), L'exsudat péritonéal séro-purulent renfermait, associés à des staphylocoques et à des streptocoques, des bacilles de Lœffler virulents pour les cobayes neufs.

Sept cobayes ont reçu dans le péritoine le dépôt du liquide de l'Aérofiltre ayant fonctionné de 12 à 24 heures dans le pavillon de la rougeole de l'hôpital des Enfants-Malades. Tous sont morts en un temps variant de 15 jours à 27 jours, sans présenter de lésion péritonéale et viscérale apparente. L'ensemencement du sang du cœur et de la sérosité abdominale est resté stérile, à part deux cas où les cultures ont donné du *bacterium coli*, provenant sans doute de l'intestin pendant la période agonique.

L'Aérofiltre est très commode pour de semblables expériences, car il renouvelle sans cesse le contact de l'air de la pièce avec l'eau qu'il contient et finit par le dépouiller de la plus grande partie des particules en suspension.

HYDROLOGIE. — *Méthode prompte et sûre pour reconnaître dans une eau minérale la présence en bloc de métalloïdes et de métaux.* Note de M. F. **Garrigou**, présentée par M. Armand Gautier.

Avant de commencer sur des centaines de litres une analyse complète d'eau minérale, il est toujours bon de savoir rapidement si l'eau qu'on a à traiter chimiquement contient ou non des métalloïdes ou des métaux proprement dits.

Le procédé suivant, d'une simplicité parfaite et d'une sûreté absolue, est celui que j'emploie depuis 40 ans, sans qu'il m'ait jamais procuré de mécompte.

On évapore à siccité *un litre* de l'eau minérale à étudier. Le résidu sec est traité par une petite quantité d'eau régale, puis l'on évapore de nouveau à siccité. Afin de chasser complètement tout l'acide azotique, on ajoute un peu d'acide chlorhydrique, et l'on évapore encore à sec. Cette opération est répétée deux à trois fois.

On verse ensuite, sur la solution chlorurée, une petite quantité de solution saturée

d'acide sulfhydrique et l'on agite. S'il y a brunissement du liquide, coloration, ou précipité noir, on peut affirmer que l'eau minérale contient des métalloïdes et des métaux du sixième et du cinquième groupe, ou bien de l'un ou de l'autre (Sn, Sb, As, Pt, Hg, Pb, Ag, Bi, Cu, etc.).

On filtre sur un tout petit filtre et, après avoir lavé le dépôt des sulfures restés sur le filtre, avec de l'eau sulfhydriquée, on fait sécher le filtre et on le conserve.

Dans le filtratum, on ajoute un peu d'ammoniaque et une goutte de sulfhydrate d'ammoniaque. S'il se forme un précipité noir, c'est qu'il y a au moins du fer et peut-être, avec lui, d'autres métaux du quatrième et du troisième groupe (Fe, Co, Ni, Mn, Cr, etc.). On filtre et l'on sèche le filtre pour le conserver aussi.

En se servant, pour étudier les caractères des métalloïdes et des métaux ainsi obtenus et conservés sur les filtres à l'état de sulfures, de la méthode des flammes de Bunsen (pour reconnaître les métalloïdes et métaux volatils), de la méthode des perles de borax ou de sel de phosphore, du procédé des réductions microscopiques sur baguettes fines de charbon, enfin du spectroscope, on peut arriver à caractériser les divers métalloïdes et métaux contenus dans le simple litre d'eau employé, et à arrêter en très peu d'instants la marche qu'on devra suivre pour faire l'analyse complète.

Dans tous les cas, les deux principales réactions que je viens de rappeler (l'emploi de l'acide sulfurique, et celui du sulfhydrate d'ammoniaque) permettent de s'assurer en 20 minutes, d'une manière indiscutable et immédiate, s'il y a dans une eau minérale donnée des métaux du sixième, du cinquième et du quatrième groupe. C'est la rapidité et la sûreté de cette méthode, plutôt que sa nouveauté, qui en font le mérite.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 mars 1910.

Les campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco, par Jules Richard, Directeur du Cabinet scientifique de S. A. S. le Prince de Monaco et du Musée océanographique de Monaco. (*Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 162, février 1910.) Monaco; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Quelques lettres, 1873-1910, *de quelques collègues, Membres de l'Institut de France, sur le calcul des poids atomiques, sur l'unité de la matière et sur le monument Lavoisier*, adressées au Dr G.-D. Hinrichs. Saint-Louis (États-Unis), 1910; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone piu adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 *dicembre* 1908 *o da altri precedenti;* P. Blaserna, Presidente. Rome, imprimerie de l'Académie Royale des Lincei, 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Étude dynamique des voitures automobiles, par Albert Petot; Tome II : *Équilibrage et régularisation du moteur à explosions, embrayages, changements de vitesse, freins;* 1er fascicule : *Le moteur à un cylindre*. Lille, imprimerie autographique G. Schaller et Cie, 1910; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Microbiologie agricole, par Edmond Kayser, 2e édition. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1910; 1 vol. in-12. (Présenté par M. A. Müntz.)

Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), publiées sous la direction de MM. Joubin et J. Richard. Tome I, fasc. 2 : *Madréporaires des îles San Thomé et du Prince* (golfe de Guinée), par Ch. Gravier. Imprimerie de Monaco, 1910; 1 fasc. in-4°.

La prétendue découverte de la syphilis chez les Égyptiens préhistoriques, par G. Elliot Smith. (*Bulletin de la Société d'Anthropologie de Lyon;* t. XXVIII, 1909, p. 76-86.) 1 fasc. in-8°.

A propos de la prétendue découverte de la syphilis chez les Égyptiens préhistoriques, par M. Gandolphe. (*Société d'Anthropologie de Lyon;* séance du 12 juin 1909.) Lyon, A. Rey; 1 fasc. in-8°.

Deux nains du Garhiani en Tripolitaine, par M. Ernest Chantre. (*Bulletin de la Société d'Anthropologie de Lyon;* t. XXVIII, 1909, p. 70-72.) 1 fasc. in-8°.

Livret de la Bibliothèque universitaire de Rennes, n° IV, 1910. (Extr. de l'*Annuaire de l'Université de Rennes*, 1909-1910.) Rennes, imp. Fr. Simon; 1 fasc. in-12.

Feuilles d'Hygiène, publication mensuelle; rédacteur : Louis Jolivet Cartelot; 5e année, n° 2, 28 février 1910. Douai, imp. Delarra; 1 fasc. in-12. (Numéro spécimen.)

Journal de Chimie physique, publié par M. Philippe-A. Guye; t. VIII, n° 1, 28 février 1910. Paris, Gauthier-Villars; Genève, Georg et Cie; 1 fasc. in-8°.

Year-Book of the Royal Society, n° 14, 1910. Londres, Harrison et fils; 1 vol. in-8°.

Opposition of Eros (433) *in* 1910, by EDWARD-C. PICKERING. (Harvard College Observatory; *Circular* 153.) 1 fasc. in-4°.

Meridian-Beobachtungen von Sternen in der Zone 65°-70° *nordlicher Declination*, von H. GEELMUYDEN und J.-FR. SCHRŒTER. I : *Die Beobachtungen und deren Resultate*. Christiania, A.-W. Brogger, 1909; 1 vol. in-4°. (Publication de l'Observatoire de l'Université de Christiania.)

Report of the Meteorological Service of Canada central Office, Toronto, for the year ended december 31, 1906, by R.-F. STUPART, director. Ottawa; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 29 MARS 1910.

Minéralogie de la France et de ses colonies. Description physique et chimique des minéraux, étude des conditions géologiques de leurs gisements, par A. LACROIX, Membre de l'Institut; t. III, 2e partie. Paris, Ch. Béranger, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Observatoire de Madagascar. *Observations météorologiques faites à Tananarive*, par le R. P. E. COLIN, Correspondant de l'Institut; t. XX, 1908. Tananarive, Imprimerie de la Mission catholique, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice sur les titres et travaux de H. MARTEL. Paris, Société générale d'Impressions, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Nouvelle théorie céleste, par A.-A. HUMBERT. Marseille, Achard et Cie, 1889; 1 fasc. in-8°, accompagné d'un *Recueil factice* de diverses notes, sur le même sujet, du même auteur; 1 fasc. in-8°.

L'Intermédiaire des Mathématiciens dirigé par C.-A. LAISANT, ÉMILE LEMOINE, ED. MAILLET; t. XVII, n° 1, janvier 1910. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-8°.

Annales des falsifications : Bulletin international de la répression des fraudes alimentaires et pharmaceutiques; 3e année, mars 1910, n° 17. Paris, H. Roberge; 1 fasc. in-8°.

Ministère des Colonies. *Annales d'Hygiène et de Médecine coloniales;* 13e année, n° 1, janvier-février-mars 1910. Paris, Imprimerie nationale; 1 vol. in-8°.

Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture de France. Compte rendu mensuel; t. LXX, année 1910, n° 1. Comptes rendus des séances de janvier 1910. Paris, Philippe Renouard; 1 fasc. in-8°.

Revue semestrielle des publications mathématiques, rédigée sous les auspices de la Société mathématique d'Amsterdam, par H. DE VRIES, J. CARDINAAL, W. KAPTEYN, J.-C. KLUYVER, P.-H. SCHOUTE; t. XVIII, 1re partie, avril-octobre 1909. Paris, Gauthier-Villars; Amsterdam, Delsman et Nolthenius, 1910; 1 vol. in-8°.

Office international d'hygiène publique : Bulletin mensuel; t. II, n° 2, février 1910. Paris; 1 fasc. in-8°.

Bibliographie des Sciences économiques politiques et sociales. Journal mensuel de l'Institut international de Bibliographie sociale, Directeur : JEAN GAUTIER; janvier 1910. Paris, Marcel Rivière; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 4 AVRIL 1910.

Dieu et Science : Essais de psychologie des sciences, par ÉLIE DE CYON; avec 2 planches hors texte, et le portrait de l'auteur par J.-C. CHAPLAIN. Paris, Félix Alcan, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Compte rendu annuel des travaux exécutés par le Service géographique de l'Indo-Chine, année 1909. Hanoï; 1 fasc. in-8°. (Adressé par M. le Lieutenant-Colonel Aubé.)

Annuaire de la Fondation Thiers, 1910; nouvelle série. Issoudun, impr. Gaignault, 1910; 1 fasc. in-8°.

Publication bimensuelle de l'Institut international de techno-bibliographie, 2e année, n° 1, janvier 1910; parties 1-6. Paris, H. Dunod et E. Pinat; 6 fasc. in-8°.

Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France, publiée sous la direction de M. ERNEST OLIVIER; 22e année, 1909, et 23e année, 1910, 1er trimestre. Moulins, Étienne Auclaire; 1 vol. et 1 fasc. in-8°.

Mémoires et travaux de la Société des Ingénieurs civils de France, 63e année, 6e série, n° 1. Bulletin de janvier 1910; Paris, 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen, 43e année, 5e série, 1er et 2e semestres, 1908. Rouen, Lecerf fils, 1909; 1 vol. in-8°.

Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, publié par les soins de G. LECOINTE, directeur scientifique du Service astronomique; 1910. Bruxelles, Hayez, 1910; 1 vol. in-8°.

Carte photographique du Ciel, dressée par l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle; planches I-IX. Bruxelles, héliogr. J. Malvaux; 9 feuilles in-plano.

Boletin del Servicio sismólojico de Chile : I, annos de 1906, 1907, 1908, por el Conde DE MONTESSUS DE BALLORE, Director del Servicio sismolójico. Santiago du Chili, impr. Cervantes, 1909; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 21 mars 1910.)

Note de M. *J. Haag*, Sur quelques nouvelles familles de Lamé :

Page 768, ligne 2, *au lieu de* M. Maurice Levy, *lire* M. Lucien Lévy.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. G. **Darboux** fait hommage à l'Académie de la traduction italienne de la Conférence qu'il a faite, le 24 septembre 1904, *Sur le développement des méthodes géométriques*, au Congrès des Sciences et des Arts de Saint-Louis.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire.* Note de M. **H. Deslandres.**

Les couches supérieures de l'atmosphère solaire ont été récemment révélées et photographiées à l'Observatoire de Meudon, dans la demi-sphère entière tournée vers la Terre. Auparavant elles étaient obtenues mélangées à une ou même à deux couches plus basses, qui, beaucoup plus lumineuses, la masquaient presque complètement. Or, en 1908, après avoir organisé un grand spectrohéliographe d'un type nouveau, j'ai pu, avec la collaboration de d'Azambuja, séparer nettement les trois couches superposées de la vapeur du calcium signalées par moi en 1892 et 1894 avec le spectrographe ordinaire; et, en 1909, ce résultat a été étendu à l'hydrogène dont la division en trois couches est moins apparente.

La couche supérieure, la plus nouvelle, est donnée par le centre de la raie K pour le calcium et de la raie H_α pour l'hydrogène; elle montre une série de phénomènes nouveaux déjà exposés en partie dans plusieurs Notes précédentes [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 334, 467 et 1016; t. CXLVIII, 1909, p. 1011 et 1235; t. CXLIX, 1909, p. 179, 493 et 521.

Le phénomène principal est l'apparition de lignes noires, souvent très longues, appelées *filaments*, qui remplacent les taches de la surface absentes ou très diminuées. Les filaments se retrouvent les mêmes dans les images de l'hydrogène et du calcium; mais ils se montrent surtout nettement dans l'image de l'hydrogène moins riche en petits détails, aussi nettement que les taches dans une image de la surface. D'autre part, surtout avec le calcium, ils se rattachent à d'autres lignes moins noires et nettes de la couche supérieure, appelées *alignements*, qui forment sur le disque un véritable réseau plus ou moins régulier.

Les filaments ont une importance au moins égale à celle des taches; comme elles, ils sont le siège de grandes perturbations et sont accompagnés de protubérances [1]. Leur aire noire totale est supérieure à celle des taches.

Déjà, à la fin de 1908, ayant à ma disposition les images du calcium pour quatre rotations entières de l'astre, j'ai publié sur la question dans les *Comptes rendus* une première Note intitulée : *Caractères de la couche supérieure de l'atmosphère gazeuse du Soleil.* Puis, en 1909, la recherche a été étendue à l'hydrogène et poursuivie dans des conditions meilleures, l'appareil ayant été peu à peu perfectionné.

Actuellement l'Observatoire a les images de la couche supérieure pour 20 rotations au moins avec le calcium et pour 14 avec l'hydrogène, et en plus les épreuves d'un autre appareil, le spectro-enregistreur des vitesses, qui enregistre au même moment les mouvements radiaux des vapeurs.

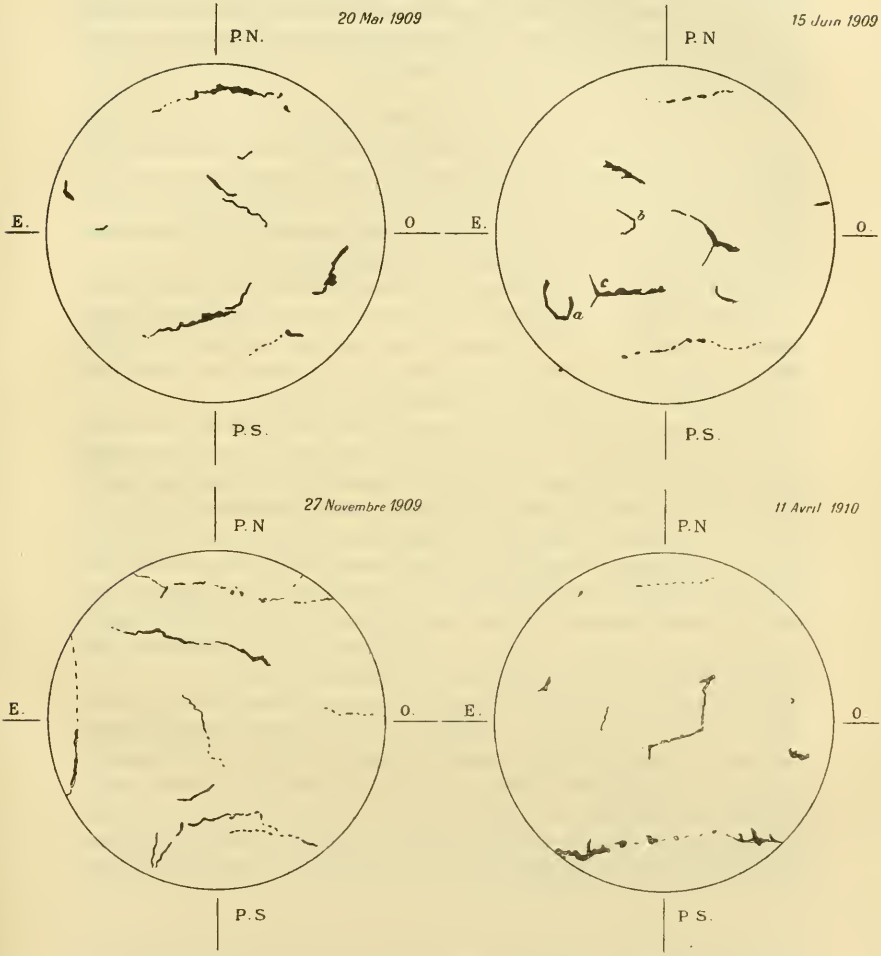
Tous ces documents rapprochés ont mis en relief d'autres propriétés de la couche supérieure; ils ont permis de suivre les variations des filaments dans l'intervalle déjà grand de 1908 à 1910. Le Soleil est actuellement dans la phase de déclin, et se rapproche du minimum. Les taches ont diminué sensiblement. En est-il de même des filaments ?

Dans le second semestre de 1908, et particulièrement en août, les taches ont été nombreuses et importantes; mais les filaments y sont moins développés que dans le premier trimestre de 1909, et dans les mois de mai et juin où l'activité de l'astre est au contraire affaiblie. D'ailleurs les filaments se montrent de préférence dans l'hémisphère et les méridiens où les taches et facules manquent. Si l'examen se poursuit dans le second semestre de 1909 et en 1910, les filaments augmentent encore, contrairement à ce qui a

---

[1] Les protubérances métalliques doivent être liées aux taches et les protubérances hydrogénées aux filaments et aux larges plages noires autour des facules, appelées par moi *circumfacules*.

Images de la couche supérieure de l'atmosphère solaire avec les filaments noirs caractéristiques.



Ces images, obtenues avec l'aide de d'Azambuja, ont été relevées sur les épreuves monochromatiques du Soleil obtenues avec la partie centrale des raies H_α de l'hydrogène ou K du calcium. Elles montrent seulement les filaments noirs sans les alignements. Les plages brillantes des épreuves au-dessus des facules n'ont pas été représentées.

lieu pour les taches. Les variations des filaments ne sont pas exactement parallèles à celles des taches, ou même leur semblent opposées. Mais, sur ce dernier point, on ne pourra conclure qu'après une série d'observations plus longue, étendue au minimum proprement dit et même à la période undécennale ([1]).

De toute façon, il convient dès à présent de mesurer l'aire totale des filaments aussi exactement qu'on le fait pour les taches. Les épreuves de l'hydrogène avec le centre de la raie ($0^{A},20$ de la raie seulement) sont celles qui conviennent le mieux pour cette mesure. L'Observatoire l'aurait déjà commencée, s'il n'avait un personnel trop restreint, qui déjà est insuffisant pour le maintien en service constant des appareils.

Les filaments ne sont pas, comme les taches, confinés à une zone étroite voisine de l'équateur; et, dans la première Note sur la question, nous avons, d'Azambuja et moi, annoncé leur présence sur tout le disque. Mais leur distribution n'est pas irrégulière, elle est soumise, au moins dans l'intervalle de temps considéré, à quelques règles simples.

Les filaments voisins d'un pôle se groupent en général sur une courbe qui entoure ce pôle, courbe plus ou moins circulaire, plus ou moins éloignée du pôle (limites ordinaires 50° et 70° de latitude), et souvent non confondue avec un parallèle. Parfois les filaments, presque aussi larges que longs, se suivent comme les grains d'un chapelet; et, lorsque les images sont bonnes, apparaissent réunis par un alignement. Parfois aussi les filaments bien noirs manquent, et la courbe polaire est indiquée par un simple alignement d'ailleurs suffisamment net. D'une manière générale, le cercle polaire et ses filaments sont plus larges et développés dans l'hémisphère et les méridiens où les taches et facules sont relativement faibles.

Dans l'intervalle considéré, je signale particulièrement le cercle polaire Sud de septembre et octobre 1908, et le cercle polaire Nord d'avril et mai 1909. Au milieu de juin, les couches supérieures offraient au centre de l'astre de magnifiques filaments, alors que les taches de la surface étaient extrêmement réduites, et en même temps, aux deux pôles, les courbes de filaments étaient nettement indiquées. (Voir la figure ci-contre, qui donne les filaments relevés pour quatre jours différents). La courbe polaire Nord

---

([1]) L'opposition peut n'être qu'apparente; par exemple, si l'un des phénomènes est simplement consécutif à l'autre, ou a une durée un peu plus longue. D'autre part, comme on le verra plus loin, le filament est, par essence, entre deux groupes de taches et donc se montre surtout dans les méridiens sans tache.

de fin janvier, très rapprochée du pôle, est aussi curieuse; mais la plus intéressante de toutes est celle de mars, qui, dans la première quinzaine d'avril, a pris un développement extraordinaire. Le cercle, concentrique au pôle, est fortement marqué, et les filaments, très larges, ont des pointes dirigées vers l'équateur, comme si la matière dont ils sont formés était violemment portée dans cette direction.

Les cercles polaires de filaments ont augmenté manifestement dans l'intervalle de nos recherches, et il importera de les suivre sans arrêt pour reconnaître si cette tendance est accidentelle, ou de courte durée, ou prolongée jusqu'au minimum. De toute façon, comme les filaments sont, comme à l'ordinaire, accompagnés de protubérances, leur présence est en accord avec la durée du maximum plus longue avec les protubérances qu'avec les taches et peut correspondre à un maximum secondaire des protubérances.

Entre la courbe polaire et l'équateur se trouvent ordinairement les filaments les plus noirs et les plus longs, et ce sont ceux-là qui ont été notés déjà comme étant parfois parallèles à deux grandes directions. Plus exactement, l'angle qu'ils font avec le méridien qui les traverse est en général voisin de 0°, ou 30°, ou 60°, ou 90°. Autrement dit, ils sont à peu près parallèles à l'une des trois directions d'un petit hexagone régulier supposé fixé au méridien, et dont un côté est parallèle ou perpendiculaire à ce méridien. Le cercle polaire décrit ci-dessus peut être rattaché à cette dernière loi, car il est à peu près parallèle à l'équateur, ayant d'ailleurs souvent l'aspect d'un polygone plutôt que d'une courbe, autant que l'on peut juger, puisque la courbe se présente par la tranche [1].

Si l'on considère les filaments seuls et non les alignements qui les traversent ou les prolongent, dans la grande majorité des cas, l'extrémité ouest du filament est celui qui a la latitude la plus basse. Cette dernière propriété est liée vraisemblablement à la rotation de l'astre.

De plus, le long filament est en général isolé, avec des amorces de filaments, qui s'en détachent de distance en distance et surtout aux extrémités, et font avec lui un angle voisin de 120°. Tel est le cas du filament droit *c* dans le quadrant sud-est du Soleil du 15 juin 1909, représenté ci-contre. De l'extrémité Est partent, au Nord et au Sud, deux amorces de filaments à 120°, si

---

[1] La courbe offre alors des sortes de sommets, qui souvent sont le point de départ de grands alignements dirigés vers l'équateur.

bien que l'on a un centre à trois rayons, comparable au sommet d'un dodécaèdre régulier projeté sur la sphère inscrite.

Lorsque les filaments sont courts, on trouve réunis jusqu'à trois côtés de l'hexagone, et même plus, ainsi qu'aux points *a* et *b* du même Soleil du 15 juin. Parfois on a plusieurs hexagones complets juxtaposés, tout semblables aux cellules tourbillons des liquides; le Soleil du 5 août 1909, qui sera publié prochainement, en fournit un exemple. Les angles de ces polygones sont vifs à certains moments, mais en général s'arrondissent rapidement.

Tous ces faits sont extrêmement curieux et décèlent la tendance des filaments à une structure géométrique. Si l'on ajoute les alignements qui les complètent, le réseau total est parfois très régulier et a l'aspect d'un polyèdre sphérique, à faces nombreuses et semblables (¹).

L'explication complète de tous ces phénomènes est évidemment prématurée. On peut préciser seulement les analogues déjà signalées avec les cellules tourbillons des liquides et avec les aires de haute et basse pression de notre atmosphère.

D'après les premières mesures de vitesse radiale faites à Meudon au centre du disque, la vapeur, au-dessus de la facule, descend, mais d'autre part s'élève tout autour et aussi particulièrement au-dessus du filament. La couche supérieure s'annonce ainsi comme formée de tourbillons cellulaires juxtaposés, dont le mouvement est plus ou moins troublé. Si, à l'emplacement de la facule, la vapeur descend plus vite, au lieu de s'écouler sur les côtés, ainsi que dans le cas normal, elle s'enfonce au-dessous et fait un trou dans la surface; d'où la tache ordinaire. Si cette même vapeur, qui plus loin s'élève, a aussi une vitesse plus grande, elle perce la couche supérieure et donne naissance au filament et aux protubérances qui l'accompagnent (²). Dans cet ordre d'idées, le filament est la contre-partie de la tache et lui est à certains égards opposé.

Or les taches et les facules voisines forment, tout près de l'équateur, une

---

(¹) Ainsi, le 5 août 1909, on a de grands pentagones juxtaposés, qui font penser à un dodécaèdre régulier circonscrit à la sphère.

(²) La vitesse plus grande des gaz qui descendent ou qui montent peut tenir à plusieurs causes. En tout cas, on conçoit que les gaz aient tendance à former un tourbillon à axe vertical sur la tache et un tourbillon à axe horizontal sur le filament. Ce dernier tourbillon est aussi possible avec la tache; d'où les petits filaments, minces et courbes, qui parfois en émanent et sont les seuls filaments bien comparables aux couloirs de grains de nos orages.

zone dite *zone royale*, qui est bien développée au moment du maximum et correspond à la zone de haute pression de notre atmosphère à la latitude de 35°. Dans la phase de déclin, les taches se rapprochent de l'équateur et diminuent, et simultanément apparaissent avec netteté les cercles polaires de filaments, plus ou moins rapprochés des pôles, qui annoncent une zone de basse pression. Il doit donc exister en permanence entre ces zones un grand courant de convection, ou une circulation méridienne, analogue d'ailleurs à celle de la Terre dans les mêmes régions [1]. De plus le grand courant de convection est souvent divisé en tourbillons cellulaires, encore grands, mais secondaires, qui sont séparés par les filaments et alignements signalés plus haut.

En résumé la reconnaissance des filaments polaires est importante, d'autant qu'elle explique la distribution et les variations spéciales des protubérances, jusqu'alors jugées mystérieuses, et non reliées aux autres phénomènes solaires. Elle sera poursuivie et avec l'appoint de mesures continues de vitesses radiales, étendues au disque entier. Il faudrait seulement, pour une solution rapide, une longue série de beaux jours et un bureau de mesures, qui manquent encore à l'Observatoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des échappées du beurre de coco. Composition de l'essence de coco.* Note de MM. **A. Haller** et **A. Lassieur**.

Comme le beurre de coco renferme les mêmes glycérides que le beurre ordinaire, sauf la butyrine, on a cherché depuis une trentaine d'années à l'introduire dans l'alimentation sous les différents noms de végétaline, de cocosine, de lauréol, etc.

Mais, tandis que la matière grasse extraite, sur les lieux d'origine, des noix de coco fraîches, possède l'arôme assez agréable de l'amande et est consommée sur place, il n'en est pas de même du beurre employé en Europe.

Celui-ci provient, ou bien des huileries installées aux Indes et à Ceylan, ou bien de l'expression, faite sur notre continent, des amandes de coco séchées au soleil ou dans des fours appropriés et qui nous arrivent sous le

[1] Ce grand courant de convection, qui peut être doublé de deux autres, au Nord et au Sud, peut expliquer aussi simplement la forme spéciale des jets coronaux lors du minimum.

nom de *coprah*. La majeure partie de l'huile de coco traitée en Europe a cette dernière origine. Des recherches entreprises jadis sur le beurre de coco que nous avons soumis à l'alcoolyse nous ont conduits à faire l'étude des produits fortement odorants qu'il contient ordinairement et qu'on élimine par différents procédés, de façon à rendre cette matière grasse propre à l'alimentation.

Parmi les substances qui communiquent à l'huile de coco brute son odeur désagréable, il faut citer les acides gras (caproïque, caprylique, caprique, laurique, etc.), provenant de l'hydrolyse partielle des glycérides, et des matières fortement odorantes qui tiennent sans doute à l'origine de l'huile.

Les acides libres sont séparés par un traitement aux alcalis ou aux terres alcalines, tandis que les autres produits malodorants sont éliminés en soumettant la matière à un courant de vapeur d'eau surchauffée. Condensée, cette vapeur d'échappement fournit un mélange de matière grasse entraînée mécaniquement, d'acides gras résultant d'une saponification partielle des glycérides et des produits neutres odorants.

I. C'est un pareil mélange, livré sous le nom d'*échappées du beurre de coco*, que nous avons soumis à l'étude [1].

Il se présente sous la forme d'un liquide de couleur plus ou moins foncée, à odeur extrêmement persistante rappelant celle de l'essence de rue. On le neutralise en l'agitant avec une solution de soude étendue. Le produit neutre restant renferme de petites quantités d'une aldéhyde déjà signalée, mais non caractérisée, par M. Bontoux [2], car il réduit l'azotate d'argent ammoniacal et rougit la fuchsine bisulfitée. Il se combine presque intégralement au bisulfite de soude pour donner un produit blanc, soluble dans l'eau froide, mais que l'eau bouillante dissocie en ses composants. Ce produit se dissout également dans l'alcool, qui l'abandonne à l'état cristallisé.

Après l'avoir lavée à l'éther, cette combinaison sulfitique est décomposée par de l'acide sulfurique étendu, on décante la couche surnageante qui se forme, on la lave avec de l'eau alcaline, on la sèche et on la soumet à la distillation fractionnée.

Les produits qu'on obtient passent de 75° à 109° sous 12^{mm}, avec une portion principale (65 à 70 pour 100) qui distille de 99° à 109° sous la même

---

[1] Nous adressons nos vifs remerciments à MM. Rocca, Tassy et de Roux, qui ont très obligeamment mis à notre disposition une certaine quantité de ces échappées.

[2] Bontoux, *La Technique moderne*, 1re année (1909), p. 605. C'est à propos d'un article bien documenté où l'auteur fait un historique très complet des différentes méthodes qui ont été préconisées et employées pour la purification et la désodorisation du beurre de coco, que M. Bontoux appelle l'attention sur la présence d'aldéhydes et de cétones dans les échappées.

pression. Aucune de ces fractions ne réduit plus sensiblement la solution ammoniacale d'azotate d'argent; il faut en conclure que la matière primitive ne renferme que des traces d'une substance à fonction aldéhydique.

Les portions passant de 99° à 109°, soumises à de nouvelles rectifications, fournissent finalement un liquide bouillant à 105°-106° sous 12^{mm} et à 225° sous 760^{mm}. Ce liquide se prend en masse à quelques degrés au-dessus de zéro et refond de nouveau à 15°. Sa densité $D = 0,832$.

L'analyse lui assigne la formule $C^{10}H^{20}O$ (¹) ou plutôt $C^{11}H^{22}O$. Nous verrons en effet, dans la suite, que ce corps répond en réalité à cette dernière composition.

Pour nous rendre compte de sa fonction, sur laquelle nous sommes déjà renseignés par la propriété qu'il possède de se combiner au bisulfite de soude, nous avons préparé son oxime et sa semicarbazone.

L'oxime $C^{11}H^{22}NOH$, préparée par les procédés ordinaires, se présente sous la forme de beaux prismes blancs fondant à 44°-45°. Chauffée avec de l'anhydride acétique, elle donne naissance à un acétate $C^{11}H^{22}NOCOCH^3$ qui constitue un liquide incolore, fort mobile, presque inodore et bouillant à 164°-166° sous 12^{mm}. Ce corps ne se solidifie pas dans le chlorure de méthyle.

La semicarbazone $C^{11}H^{22} = N.NHCONH^2$ cristallise en fort beaux prismes blancs fondant à 120°. Après solidification, le produit fond à 114°. Soluble dans l'alcool bouillant, cette semicarbazone l'est très peu dans l'alcool froid.

Pour nous rendre compte de la constitution de cette cétone, nous avons tenté de l'oxyder au moyen du permanganate de potasse et au moyen du mélange chromique. Les deux essais n'ont pas conduit au résultat cherché; la cétone est en effet à peine attaquée dans les conditions où nous avons opéré.

On peut, par contre, l'oxyder au moyen de l'hypobromite de soude, en ayant soin d'opérer à froid; car si l'on opère à chaud, il se forme un acide bromé.

On dissout 126^g de soude en plaques dans 1260^g d'eau et, à la solution maintenue à 0°, on ajoute peu à peu, tout en évitant une élévation de température, 180^g de brome. La cétone est ensuite mélangée à cette solution et

(¹) Dans une Communication préliminaire que nous avons faite au Congrès de Chimie appliquée de Londres en 1909, nous avions, à tort, appliqué la formule $C^{10}H^{20}O$ à cette cétone, n'ayant pas encore réussi à ce moment à la dédoubler.

le tout est agité pendant deux jours. Au bout de ce temps, on constate que toute la cétone a disparu et qu'il s'est déposé du bromoforme. On décante, on lave avec de l'éther, et la solution alcaline est acidulée avec de l'acide sulfurique. Le précipité huileux qui se forme est séparé, lavé à l'eau et distillé. On recueille un produit qui passe à 160°-164° sous 12^{mm}, et dont l'analyse donne des chiffres conduisant à la formule de *l'acide caprique* $C^{10}H^{20}O^2$. Solidifié, il fond à 30°, point de fusion de l'acide normal. Ce point de fusion ne change pas, quand on mélange cet acide avec celui préparé par saponification du caprate de méthyle pur provenant de la méthanolyse du beurre de coco.

Ce dédoublement du composé $C^{11}H^{22}O$ en bromoforme et en acide caprique, en vertu de la réaction

$$(C^9H^{19}.COCH^3) + 3BrONa = CBr^3.CO.C^9H^{19} + 3NaHO,$$
$$CBr^3.CO.C^9H^{19} + NaHO \quad = CHBr^3 + C^9H^{19}COONa,$$

montre nettement qu'on a affaire à de la *méthylnonylcétone normale*. Cette cétone est identique à celle trouvée dans l'essence de rue (*Ruta graveolens*) et qui fut l'objet de nombreuses études, depuis l'année 1811 où Mähl la mentionna pour la première fois dans le *Journal de Trommsdorf* (t. XX, 2, p. 29).

Longtemps considérée comme une aldéhyde en $C^{10}H^{20}O$, puis comme une aldéhyde en $C^{11}H^{22}O$, la constitution et la fonction de cette molécule ne furent réellement établies qu'à la suite de la synthèse qu'en firent d'abord Gorup-Besanez et Grimm par distillation d'un mélange d'acétate et de caprate de calcium, puis Guthzeit par dédoublement de l'éther octylacéto-acétique.

Bien que l'identité de notre cétone avec celle existant dans l'essence de rue découle des données que nous avons signalées, nous avons cru devoir traiter une certaine quantité de cette essence en vue d'en extraire la méthylnonylcétone et en préparer l'oxime et la semicarbazone. Les deux composés obtenus fondent respectivement à 44°-45° (Carrette indique 46°) et 122° (Thoms accuse 123°-124°). La semicarbazone, après une première fusion et refroidissement subséquent, fond à 114° comme celle obtenue avec notre cétone. De plus, ces oxime et semicarbazone, mélangées respectivement avec nos dérivés, donnent des produits qui fondent aux mêmes températures (44°-45° et 114°).

III. Les difficultés rencontrées dans l'oxydation de la cétone nous avaient conduits à essayer de résoudre le problème en passant par l'alcool

que nous avions l'intention de transformer en carbure éthylénique; celui-ci devait ensuite être soumis à l'oxydation.

Au lieu d'hydrogéner la cétone par du sodium au sein de l'alcool éthylique, nous avons employé la méthode de MM. Sabatier et Senderens en nous servant d'un nickel réduit à 300°.

Pour opérer la réduction au sein d'un courant d'hydrogène, nous avons dû porter la température progressivement de 250° à 300°, et avons alors constaté qu'il se formait de l'eau en même temps qu'un liquide que nous avons ensuite rectifié.

100^{g} de cétone nous ont fourni :

I.	15^{g} de produit	passant de	65° à 70°	sous 12^{mm}
II.	45	»	110 à 115	»
III.	20	»	220 à 225	»

La fraction est constituée par un carbure distillant à 150°-155° sous 760^{mm} et dont la composition se rapproche d'un *nonane* $C^{9}H^{20}$. Sa cryoscopie dans le benzène a fourni 122 comme poids moléculaire. Théorie = 128.

La fraction II est un mélange de la cétone primitive et du produit III.

Quant à la portion III, elle se prend en masse par le refroidissement. C'est une matière blanche, cristallisant confusément et fondant à 27°.

L'analyse de cette matière a donné des chiffres conduisant à la formule $C^{22}H^{44}O$.

Nous en avons déterminé le poids moléculaire par la cryoscopie dans le benzène et avons trouvé M = 269 au lieu de 324.

La composition de cette substance, ainsi que son poids moléculaire très élevé, nous font supposer qu'elle constitue une pinocaline de notre cétone.

Elle donne en effet une *oxime* $C^{22}H^{44}NOH$ qui se présente sous la forme d'un liquide épais, incolore, qui bout à 233°-237° sous 15^{mm}, et une semicarbazone qui fond à 225°-227°.

Pour nous renseigner sur sa constitution nous avons essayé de l'oxyder au moyen de l'hypobromite de soude. Agitée pendant 8 jours avec ce réactif, la matière ne s'est pas altérée et a conservé son aspect et ses propriétés primitifs. Si l'on a affaire à une pinacoline il est donc probable que sa constitution répond à l'une des deux formules

(I) $$\begin{matrix} C^{9}H^{19} \\ CH^{3} \\ CH^{3} \end{matrix}\!\!>\!\!C.CO\,C^{9}H^{19},$$

ou

$$\text{(II)} \qquad \begin{matrix} C^9H^{19} \\ C^9H^9 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!> C.COCH^3,$$

et que des deux la plus plausible est la formule (I), puisque le corps n'est pas dédoublé par l'hypobromite.

IV. Ainsi que nous l'avons fait observer plus haut, le liquide soumis à l'étude contient une fraction distillant de 75° à 99° sous 12^{mm} et qui est beaucoup moins importante que celle qui passe à une température plus élevée.

Quand on soumet cette fraction à une série de rectifications, on réussit à isoler un produit passant de 75° à 80° sous 12^{mm} et qui a la composition de la *méthylheptylcétone* $C^7H^{15}COCH^3$, cétone qui fait également partie constituante de l'essence de rue.

La *semicarbazone* $C^{10}H^{21}N^2O$ de notre cétone fond à 119°-120° comme celle de la méthylheptylcétone contenue dans cette essence. Nous avons mélangé les deux semicarbazones d'origine différente et avons constaté que le point de fusion restait le même.

En résumé, les deux cétones que nous avons isolées dans la partie des échappées du beurre de coco qui distille de 75° à 109° sous 12^{mm} sont identiques à celles qui font partie intégrante de l'essence de rue (*Ruta graveolens*).

En présence de ce résultat, nous nous sommes demandé si, étant donnée la haute température à laquelle est soumis le beurre brut pour amener sa désodorisation, il ne serait pas possible qu'il y eût formation de cétones aux dépens des acides de saponification, au cours de ce traitement.

Bien qu'une pareille hypothèse ne fût guère admissible, puisqu'en l'espèce nous n'avons trouvé que des *méthylheptyl* et *méthylnonylcétones* et que le beurre de coco ne renferme pas de glycérides inférieurs à la caproïne, par conséquent pas d'acétine, nous avons néanmoins cherché à avoir une matière n'ayant pas subi les manipulations énergiques dont nous venons de parler. Dans ce but nous avons traité 20^{kg} de beurre de coco brut par de l'alcool. La distillation de l'alcool nous a donné un résidu qui a été entraîné à la vapeur d'eau, et l'huile, en très petite quantité, qui a été isolée possédait l'odeur caractéristique des échappées. De plus elle a fourni avec la semicarbazide environ $0^g,10$ d'une semicarbazone fondant entre 115°-119°.

Il est donc permis de conclure que les deux cétones préexistent bien dans le beurre de coco.

Ce qui le confirme dans une certaine mesure, c'est que les échappées exa-

minées au polarimètre montrent une déviation de $+19'$ dans un tube de 200^{mm}. Or l'on sait que dans l'essence de rue les deux méthylheptyl et méthylnonylcétones sont accompagnées de leurs alcools correspondants, le méthylheptylcarbinol et le méthylnonylcarbinol, qui dévient respectivement de $-3°3'$ et $-2°36'$ pour une longueur de 50^{mm}. Il est vrai que la rotation de ces alcools est de sens contraire à celle observée sur l'essence de coco.

Il se pourrait donc que l'activité de l'essence de coco pût être attribuée à la présence des antipodes de ces mêmes alcools dans ce produit. Nous n'avons pas eu assez de matière à notre disposition pour nous assurer de cette présence, mais nous comptons revenir sur ce travail.

L'ensemble de nos recherches nous permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Le beurre de coco brut doit son odeur particulière a une essence dont les deux constituants principaux sont la *méthylheptylcétone* et la *méthylnonylcétone*. Malgré l'épuration la plus soignée, le beurre de coco alimentaire renferme encore des traces de ces cétones dont l'odeur particulière se perçoit en chauffant la matière grasse.

2° Cette essence contient en outre de petites quantités d'une aldéhyde non isolée, et dévie la lumière polarisée.

3° Ces caractères sont ceux de l'essence de rue (*Ruta graveolens*) qui, nous le répétons, renferme les mêmes cétones, et dont la déviation est due à la présence des méthylheptylcarbinol et méthyl-nonylcarbinol actifs, alcools correspondant aux deux cétones précitées.

4° Quand on hydrogène la méthylnonylcétone en présence du nickel réduit à une température de 250° à 300°, on la transforme partiellement en un carbure C^9H^{20}, moins riche en carbone que la cétone primitive, et en une pinacoline $C^{22}H^{44}O$. A notre connaissance, on n'avait encore jamais observé, dans des conditions semblables, la formation d'une pinacoline à poids moléculaire aussi élevé.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne.* Note de MM. **C.-Eg. Bertrand** et **F. Cornaille.**

B. Renault a défini son genre *Botryopteris* par la figure en petit oméga renversé de la section transversale de la masse libéro-ligneuse de son pétiole. Cette définition a été donnée d'après les pétioles primaires du *B. forensis* BR.

On retrouve cette même figure dans les ramifications élevées de la fronde, dans sa partie inférieure encore attachée au stipe et dans les rachis fructifères. La meilleure figure publiée de cette trace est la figure 5, planche XXXII, de la *Flore fossile du Bassin houiller d'Autun et d'Epinac*. Elle montre plusieurs groupes trachéens sur la surface extérieure des branches latérales de l'oméga. Elle montre aussi les groupes trachéens symétriques qui sont de chaque côté de la pointe libre de la branche médiane de l'oméga. Dans les pétioles primaires des *Botryopteris* de la section *Tridentata*, la trace possède seulement trois pointements trachéens antérieurs. Par réduction elle ne présente plus qu'un seul groupe trachéen dans les ramifications supérieures de la fronde.

La trace foliaire botryoptéridienne est composée de deux pièces, *une pièce principale* qui forme la branche médiane de l'oméga, et *une pièce réceptrice* dont les moitiés symétriques forment les branches latérales. La pièce réceptrice est beaucoup plus volumineuse que la pièce principale. Elle est courbée en arc, la concavité et l'ouverture étant tournées vers le centre de figure C du stipe. Elle entoure extérieurement la pièce principale. La pièce principale est homologue de la totalité de la chaîne des Fougères actuelles. La pièce réceptrice n'a pas d'équivalent chez nos Filicinées. Elle représente une différenciation inattendue de la région des *marges*. On ne connaît de pièces réceptrices analogues que chez les Zygoptéridées où elles sont autrement agencées.

Les marges réelles L_g, L_d, au nombre de deux, sont symétriques l'une de l'autre par rapport au plan médian antéro-postérieur CS du pétiole, de chaque côté du pointement antérieur de la chaîne principale. La ligne des marges L_g, L_d est une perpendiculaire à la surface de symétrie, ou une ligne très faiblement convexe en avant lorsqu'on la prolonge jusqu'aux pointes antérieures du système récepteur. Elle garde cette orientation quels que soient la réduction de la trace et le rapprochement de ses marges. La trace botryoptéridienne est donc presque tout entière en arrière de la ligne des marges comme la trace anachoroptéridienne. La ligne des marges ne devient pas *ligne de symétrie accessoire*, contrairement aux Zygoptéridées à pétioles primaires bisymétriques.

La pièce principale n'a que deux pôles Δ_g^l, Δ_d^l, placés aux marges. Ils sont cupuliformes comme ceux des *Anachoropteris*. Ils agissent comme des *pôles doubles*, car de chacun d'eux partent deux lames lignenses $\Delta_g^l\gamma^p$, $\Delta_g^l\gamma^a$, $\Delta_d^l\gamma^p$, $\Delta_d^l\gamma^a$. La première et la troisième se rencontrent en γ^p sur la ligne CS,

les deux autres se rencontrent en γ^a; γ^a est plus éloigné du centre C que γ^p. On voit ainsi que le faisceau médian F^p_m, qui constitue à lui seul l'*arc postérieur* de la chaîne, est très petit et tend vers zéro lorsque, par réduction de la trace, les pôles Δ^l_g, Δ^l_d se réunissent en un pôle médian Δ^m sur CS. Les *demi-arcs antérieurs* rejetés derrière le faisceau F^m_p par une courbure inverse semblable à celle des *Anachoropteris* se rejoignent largement sur la surface de symétrie. L'arc antérieur entier est ainsi constitué par un grand faisceau bipolaire F^m_a qui présente *un grand pli inverse* en son milieu. L'ensemble de la chaîne principale est donc une chaîne binaire fermée, symétrique, à courbure inverse, à faisceaux très inégaux, le postérieur très petit, l'antérieur grand, plié en son milieu, et *placé derrière le faisceau postérieur*. Dans le *B. forensis* il s'ajoute cette particularité spécifique que chaque demi-arc antérieur présente un pli direct sitôt après la marge. Le contact de la face dorsale du demi-arc antérieur avec la surface de symétrie est ainsi largement prolongé. Comme conséquences immédiates de cette constitution élémentaire : 1° Les plus gros éléments ligneux sont en γ^p et en γ^a sur CS. 2° Les plus gros tubes criblés sont sur les flancs de la chaîne principale et aussi devant F^m_p, en son milieu. Les tubes criblés latéraux sont remarquables par leur grandeur. Le liber entourant la chaîne inverse est homologue du liber interne d'une trace d'*Osmunda*. Le liber externe fait défaut. Dans cet état, la chaîne principale réalise aussi une réduite de nos *pièces quadruples*. Elle comporte par suite une division facile dans le plan CS, comme l'indique déjà l'étranglement de la chaîne chez le *B. Renaulti* sp. nov.

La fermeture de la chaîne principale, l'absence de crosses enroulées, la réduction du faisceau postérieur F^m_p, différencient la pièce principale de la trace botryoptéridienne de la portion homologue de la trace anachoroptéridienne.

La pièce réceptrice est aussi une chaîne binaire fermée à courbure inverse. Son faisceau intérieur $F^{m\sigma}_i$ est plus petit que son faisceau extérieur $F^{m\sigma}_e$. Ils sont accolés aussi par les faces externes de leurs lames ligneuses. Cette structure est établie par les deux lignes de différenciation issues de chaque pôle Δ^σ_g, Δ^σ_d, et par les modes de réception et d'émission des traces latérales libérées ou reçues sous forme de *divergeants simples*.

La pièce réceptrice peut donc aussi se décomposer en deux divergeants symétriques, également inclinés sur CS, *et courbés* d'où *trois plis directs* sur le bipolaire $F^{m\sigma}_i$ et *trois plis inverses correspondants* sur le faisceau $F^{m\sigma}_e$. L'état relatif de ces plis donne de bonnes différences spécifiques. Par suite de sa

constitution élémentaire, les grands tubes ligneux de la pièce réceptrice sont dans la région voisine de CS. Les grands tubes criblés sont près de CS, à l'extérieur, et le plus près possible de CS sur la partie libre de sa face interne. Les tubes criblés de la réceptrice sont beaucoup plus grêles que ceux de la chaîne principale. Le liber entourant est homologue du liber interne d'une trace osmundéenne. L'ensemble de la pièce réceptrice est aussi une forme réduite des pièces quadruples avec point de division facile dans la région des centres de figure $\gamma_i^{m\sigma}$, $\gamma_e^{m\sigma}$, des faisceaux $F_i^{m\sigma}$, $F_e^{m\sigma}$ comme le montre le *B. Renaulti*, sp. nov.

L'émission des pièces latérales se fait sur le côté externe des cupules polaires Δ_g^t, Δ_d^t, sous la forme d'une petite masse ligneuse enchâssant un groupe trachéen antérieur. Le bois est entouré par le liber. En cet état, la pièce sortante σ est un divergeant simple. Ce cordon se jette sur la face intérieure de la branche réceptrice voisine. Elle refoule extérieurement le groupe trachéen de cette pointe directement ou après fusion préalable. Le groupe refoulé s'échappe ensuite plus ou moins rapidement. Quand l'adhérence se prolonge, on peut trouver jusqu'à cinq massifs refoulés, de plus en plus éloignés de la pointe Δ^σ, le long du faisceau externe $F_e^{m\sigma}$. La réception et l'émission des cordons latéraux excluent la possibilité d'homologuer la pièce réceptrice à *un faisceau bipolaire simple à pôles libres*. Par la présence d'une pièce réceptrice différenciée sur ses marges, la trace botryoptéridienne se montre plus compliquée que la trace anachoroptéridienne qui en est dépourvue. La pièce latérale de la fronde a, dès l'origine, la même orientation que la trace mère. Elle conserve cette orientation. Elle ne se bifurque pas immédiatement. Des deux séries de pièces latérales émises par le pétiole ou le rachis, l'une est en avance sur l'autre.

Lorsque la trace botryoptéridienne se réduit vers le haut de la fronde, la pièce réceptrice devient de plus en plus prédominante dans l'ensemble. Les marges Δ_g^t, Δ_d^t se réunissent en Δ^m sur la ligne de symétrie CS. Le faisceau F_p^m se réduit à zéro. La chaîne principale tombe à l'état de divergent Υ^m. Elle représente aussi un faisceau bipolaire $F^{m\alpha}$, à pointes libres, courbé par un pli médian inverse. Les éléments criblés antérieurs du faisceau F_p^m disparaissent. Les bandes fibreuses libériennes des deux sinus disparaissent aussi, après quoi ces sinus se réduisent à leur tour. La trace réalise alors le facies tridenté des *B. hirsuta*, *B. antiqua*, etc.

Dans un état de réduction encore plus grand, les sinus libériens séparateurs des pointements ligneux s'effacent complètement. Les pointements

trachéens Δ_g^τ, Δ^m, Δ_d^τ s'émoussent, se rapprochent, puis se réunissent en un seul groupe $\Delta^{m\sigma}$. La chaîne principale a perdu toute autonomie. L'ensemble est constitué par la réceptrice condensée en un seul divergeant $\Upsilon^{m\sigma}$, remarquable par l'élargissement de son bois dans sa partie postérieure. Le liber entoure le bois. Les plus gros éléments ligneux et libériens sont dans la surface de symétrie et en arrière dans la partie dorsale du système. Lors de l'émission d'un de ses lobes latéraux, la trace ainsi réduite présente dans une certaine région deux groupes polaires plus ou moins écartés. En cet état, la trace du *B. antiqua* d'Esnost a été confondue parfois avec le faisceau bipolaire courbé de certaines racines.

Vers le bas de la fronde des *Botryopteris* de la section *Tridentata*, nous retrouvons le même facies unipolaire du divergent simple, mais dans cette partie la pièce principale intervient dans l'ensemble condensé de la trace et il convient d'en rappeler toujours la présence. Plus bas encore, le groupe polaire unique devient intérieur au bois et l'ensemble tombe plus ou moins vite à l'état de *pièce apolaire* en se réunissant à la masse libéroligneuse du stipe.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'effet produit lors des orages à grêle par les tirs grêlifuges.* Note de M. **Ch. André**.

Au moment où la saison orageuse vient de commencer, il m'a paru convenable d'indiquer les résultats auxquels nous sommes parvenu dans l'étude des effets du tir contre la grêle effectué soit avec des canons, soit avec des fusées.

On sait que chaque année les communes envoient à l'Administration des contributions directes des demandes de dégrèvement d'impôt en raison des dégâts causés par la grêle avec l'estimation des pertes subies. Si le tir est efficace, les pertes ont dû diminuer dans une notable proportion dans les communes munies d'engins grêlifuges. Partant de là, nous avons, pour chacune des trente-deux stations grêlifuges du département du Rhône, fait la moyenne des pertes qu'elles avaient accusées pendant les vingt années 1881 à 1900 qui ont précédé l'installation du tir, et nous lui avons comparé celles qu'elles ont signalées pour les années de la période 1901 à 1909 qui ont été des années orageuses.

Cette comparaison est résumée dans le Tableau suivant :

ORAGES ET DÉGÂTS.

Pertes des stations grêlifuges comparées à la moyenne de 1901 à 1908 inclusivement.

Années.	Nombre de stations grêlifuges atteintes par la grêle.	Dégâts.	Dégâts. — Année moyenne déduite de 20 années (1881-1900).	Différence. en plus de la moyenne.	Différence. en moins de la moyenne.
1901.....	1	55 470	26 277	29 193	»
1902.....	8	1 027 033	717 157	310 176	»
1903.....	7	858 211	387 288	470 923	»
1904.....	8	840 229	227 665	612 564	»
1905.....	4	149 534	184 178	»	34 644
1906.....	2	128 110	130 506	»	2 396
1907.....	7	675 287	396 707	278 580	»
1908.....	9	1 177 603	418 684	758 919	»
Totaux	46	4 911 777	2 488 662	2 460 355	37 040
Moyenne....	6	613 972	311 057	302 915	18 520

Si l'on s'en tenait aux chiffres seuls, on en conclurait que les canons et fusées grêlifuges sont plutôt nuisibles; mais la seule interprétation qu'on soit en droit d'en tirer est que ces tirs n'ont sur les orages à grêle aucun effet ni en bien ni en mal.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de *Membre Artiste* du *Bureau des Longitudes*, ayant rang de titulaire, vacante par le décès de M. *Gautier*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 45 :

M. J. Carpentier obtient..... 40 suffrages
M. Andoyer obtient ..... 4 suffrages

Il y a 1 bulletin blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 41 :

M. A. Jobin obtient . . . . . 40 suffrages

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . . M. **J. Carpentier**
En seconde ligne . . . . . M. **A. Jobin**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de *Membre titulaire*, vacante dans la Section d'Astronomie du *Bureau des Longitudes* par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 43 :

M. Andoyer obtient. . . . . 41 suffrages
M. Hanusse obtient. . . . . 1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 35 :

M. Hanusse obtient l'unanimité des suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Andoyer**
En seconde ligne. . . . . M. **Hanusse**

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui faire connaître ceux de ses Membres qui pourraient accepter de se rendre, en qualité de délégués de son Département, au XIe Congrès géologique international qui se tiendra à Stockholm du 18 au 25 août prochain.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Henri Dehérain, *Le classement et les catalogues des Ouvrages imprimés à la Bibliothèque de l'Institut.*

2° *L'Internationalisme médical*, par J.-H. Eijkman.

3° *Les prix Nobel en* 1907.

4° Muséum d'Histoire naturelle de Genève : *Catalogue illustré de la Collection Lamarck. Brachiopodes fossiles.* (Présenté par M. Ed. Perrier.)

ASTRONOMIE. — *Sur la nouvelle méthode de photographie planétaire employée à l'Observatoire Lowell, à Flagstaff (Arizona).* Note de M. **P. Lowell**, présentée par M. Bigourdan.

Un nouveau procédé de photographie planétaire a été imaginé à Flagstaff par mon assistant, M. Lampland, et a reçu, depuis, divers perfectionnements de la part du directeur de l'Observatoire et de M. E.-C. Slipher.

Ce procédé consiste dans l'emploi d'un écran spécial associé à des plaques convenablement choisies, de telle sorte que les rayons jaunes voisins de la raie D sont seuls à agir sur la plaque; et ce résultat a pu être obtenu même avec un objectif de $0^m,61$ d'ouverture. En outre, les variations des conditions atmosphériques ont été étudiées, de manière à exposer les plaques seulement lorsque les images sont tout à fait nettes.

Ces recherches, qui ont été fort longues pour chacun des deux facteurs qui viennent d'être indiqués, ont conduit aux résultats les plus satisfaisants, comme le prouvent les clichés récemment obtenus de Jupiter et de Saturne. Les détails visibles sur ces images sont d'une netteté tout à fait inattendue, et leur réalité est d'ailleurs hors de doute en raison des précautions prises; on obtient, en effet, de vingt à quarante images de suite sur la même plaque en ayant soin de changer la place de l'écran après chaque exposition, de sorte que les détails appartenant à la planète se distinguent bien de ceux que pourraient produire les imperfections locales de l'écran et de la plaque. Outre des détails qui demandent qu'on ait les clichés sous les yeux, les images de Jupiter montrent :

1° Les petites sinuosités des bandes;

2° Le contraste bien accusé des diverses bandes et des calottes polaires;

3° Les filaments de la bande équatoriale, objets nouveaux et difficiles à voir, même à l'œil;

4° Une plaque, qui a été mesurée, a donné pour l'aplatissement polaire $\frac{1}{15,8}$, exactement comme les meilleures mesures micrométriques faites à l'œil;

5° Enfin les clichés permettent de connaître les durées variables de rotation des diverses bandes.

Les images de Saturne, de leur côté, montrent :

1° La division de Cassini;

2° L'ombre de la planète sur les anneaux et celle des anneaux sur la planète;

3° Les différences d'éclat que présentent le bord intérieur et le bord extérieur de chacun des anneaux A et B;

4° L'anneau C, dont l'existence est révélée par son ombre sur la planète à travers l'anneau lui-même, ce qui est remarquable;

5° Les filaments de la bande équatoriale, ce qui est tout à fait nouveau.

Nous appellerons spécialement l'attention sur l'enregistrement photographique de ces filaments de la bande équatoriale de Saturne; ces filaments ont été découverts à l'œil, à Flagstaff, en septembre dernier; le fait d'avoir obtenu sur les clichés des détails aussi difficiles à voir nous paraît démontrer toute la puissance de la nouvelle méthode photographique.

Comme on l'a dit, la méthode qui vient d'être indiquée se relie à l'étude, faite à Flagstaff, des conditions favorables à la définition des images, tant visuelle que photographique; elle a montré que la définition dépend de l'ouverture, et diminue en qualité à mesure que l'ouverture augmente. Cette définition dépend aussi des vagues atmosphériques, qui sont de diverses natures, les dont certaines donnent les bords du disque très distincts quoiqu'elles effacent les détails.

Une longue expérience dans l'étude de ces conditions peut seule guider pour obtenir les meilleurs résultats.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre.* Note de M. C. **Russyan**.

Je vais présenter la méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre en involution dans la forme qui n'admet aucun cas exceptionnel, contrairement à l'exposition habituelle et qui, dans le procédé formel, n'est autre chose que la

variation de la première méthode de Jacobi, due à M. G. Darboux [1], généralisée sur le système d'équations en involution

$$(1) \qquad F_i(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n) = C_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

La détermination de l'intégrale complète classique du système (1) consiste, d'après la méthode de Jacobi généralisée, en la détermination de $n + 1 - m$ fonctions $F_s(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ $(s = m + 1, \ldots, n + 1)$, de manière que les fonctions $F_j(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ $(j = 1, 2, \ldots, n + 1)$ soient en involution et indépendantes par rapport à $p_1, \ldots, p_n$. La nécessité de ces conditions se démontre de la voie élémentaire; leur suffisance résulte de ce fait que le système d'équations différentielles ordinaires correspondant au système d'équations

$$[F_s, f] = 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, p) \text{ [2]},$$

où

$$[F_\alpha, F_\beta] = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, p)$$

contient toujours l'équation

$$dz - p_1\, dx_1 - \ldots - p_n\, dx_n = 0.$$

Supposons maintenant qu'on ait déterminé par le procédé connu de Jacobi généralisé le système de $n + 1$ fonctions F_j $(j = 1, 2, \ldots, n + 1)$ indépendantes en involution et que ces fonctions, quant aux variables $p_1, \ldots, p_n$, ne soient indépendantes que par rapport à $p_1, \ldots, p_q$: soit, par exemple, $\frac{d(F_1, \ldots, F_q)}{d(p_1, \ldots, p_q)} \neq 0$ $(m \leq q \leq n)$. On a toujours

$$(2) \qquad dz - p_1\, dx_1 - \ldots - p_n\, dx_n = P_1\, dF_1 + \ldots + P_{n+1}\, dF_{n+1},$$

ou bien

$$\rho(dz - p_1\, dx_1 - \ldots - p_n\, dx_n) = \frac{P_1}{P_{n+1}} dF_1 + \ldots + \frac{P_n}{P_{n+1}} dF_n + dF_{n+1} \qquad \left(\rho = \frac{1}{P_{n+1}}\right).$$

Il vient, d'après un théorème récemment démontré (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 91)

$$\left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, F_k\right] = \begin{cases} \rho\ (i = k), \\ 0\ (i \neq k), \end{cases} \qquad \left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, \frac{P_k}{P_{n+1}}\right] = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n).$$

---

[1] Darboux, *Bull.*, 1re série, t. VIII.

[2] C'est-à-dire le système généralisé d'équations canoniques d'Hamilton. *Voir*, par exemple, C. Russyan, *Die Pfaff'sche Methode der Integration der partiellen Differenzen* 1.0 (*Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie*, 1903).

car

$$[F_\alpha, F_\beta] = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n+1).$$

Donc les fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$, $\frac{P_i}{P_{n+1}} (i = 1, 2, \ldots, n)$ sont indépendantes. Les $2n + 1 - q$ fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$,

$$\frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-q),$$

étant en involution avec les fonctions $F_1, \ldots, F_q$, représentent toutes les solutions du système complet

$$[F_s, f] = 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, q),$$

et sont indépendantes par rapport à $x_{q+1}, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n$, car $F_1, \ldots, F_q$ le sont par rapport à $p_1, \ldots, p_q$ (¹). Or les fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$ ne sont indépendantes, quant aux $p_1, \ldots, p_n$, que par rapport à $p_1, \ldots, p_q$; donc les n fonctions $F_s (s = 1, 2, \ldots, q)$, $\frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} (i = 1, 2, \ldots, n-q)$ en involution sont indépendantes par rapport à $p_1, \ldots, p_n$. Cela étant, si l'on élimine les variables $p_1, \ldots, p_n$ à l'aide des équations

$$F_s = C_s, \qquad \frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} = C_{q+i} \qquad (s = 1, 2, \ldots, q; i = 1, 2, \ldots, n-q)$$

de l'équation $dz - p_1 dx_1 - \ldots - p_n dx_n = 0$ et si l'on désigne par

$$\Phi_{q+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q), \quad \ldots,$$
$$\Phi_{n+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q)$$

(¹) Les équations $F_j = C_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$, $\frac{P_{m+i}}{P_{n+1}} = \Gamma_{m+i} (i = 1, 2, \ldots, n-m)$ représentent l'intégrale complète du système généralisé des équations canoniques d'Hamilton pour le système (1). S'il suit des équations $F_j = C_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$ que $z = f(x_1, \ldots, x_q, C_1, \ldots, C_{n+1})$, $x_{q+i} = f_{q+i}(x_1, \ldots, x_q, C_1, \ldots, C_{n+1})$ $(i = 1, 2, \ldots, n-q)$, cette intégrale complète peut être représentée dans la forme

$$F_j = C_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, n+1),$$
$$\frac{\partial H}{\partial C_{m+i}} : \frac{\partial H}{\partial C_{n+1}} = \Gamma_{m+i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-m),$$

où $H = f - \Sigma P_{q+i} f_{q+i}$. C'est la généralisation du théorème connu de Jacobi-Liouville (C. Russyan, *loc. cit.*). Comme enfin $[F_\alpha, F_\beta] = 0$, $(\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n+1)$ $\left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, F_k\right] = \begin{cases} \rho (i = k) \\ 0 (i \neq k) \end{cases}$ $(i, k = 1, 2, \ldots, n)$; $\rho = \frac{1}{P_{n+1}}$, on a la généralisation du système canonique d'intégrales du système canonique d'Hamilton des équations différentielles ordinaires, liées avec le système (1).

les résultats d'élimination des fonctions $F_{q+1}, \ldots, F_{n+1}$ des variables $p_1, \ldots, p_n$ à l'aide des équations $F_s = C_s (s = 1, 2, \ldots, q)$, on obtient, d'après (2),

$$C_{q+1}\, d\Phi_{q+1} + \ldots + C_n\, d\Phi_n + d\Phi_{n+1} = 0,$$

dont l'intégrale

$$(3) \qquad \begin{aligned} &C_{q+1}\Phi_{q+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) + \ldots \\ &\quad + C_n\Phi_n(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) \\ &\quad + \Phi_{n+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) = C_{n+1} \qquad (m \leqq q \leqq n) \end{aligned}$$

est l'intégrale complète classique du système (1) en involution. Le système de $n+1$ fonctions F_j indépendantes en involution étant donc déterminé, on obtient l'intégrale complète classique du système (1) en éliminant $p_1, \ldots, p_n$ des équations $F_1 = C_1, \ldots, F_q = C_q$, $C_{q+1}F_{q+1} + \ldots + C_nF_n + F_{n+1} = C_{n+1}$.

Si, en particulier, les équations données (1) ne contiennent pas explicitement z, on le peut toujours supposer de même par rapport aux fonctions $F_{m+1}, \ldots, F_n$; donc la fonction F_{n+1} se détermine par les quadratures dans la forme

$$-z + U(x_1, \ldots, x_n, F_1, \ldots, F_n),$$

de sorte que l'intégrale classique complète a dans ce cas la forme

$$\begin{aligned} z = {} & C_{q+1}\Phi_{q+1}(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q) + \ldots \\ & + C_n\Phi_n(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q) + U(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q, \Phi_{q+1}, \ldots, \Phi_n) + C_{n+1}. \end{aligned}$$

Le cas $q = n$ est le cas normal dans l'exposition ordinaire; mais celui $q < n$ est exceptionnel. Dans ce cas les équations $F_j = C_j$ représentent l'intégrale complète du système (1) dans le sens généralisé de S. Lie. On voit, d'après la forme de l'intégrale complète classique (3), que ce cas ne peut se présenter que pour le système (1) de la forme spéciale. On peut donner aisément la méthode générale pour obtenir de tels systèmes. En éliminant C_{q+1}, C_n, C_{n+1} de l'intégrale (3) par des différentiations, on obtient le système

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} p_i & p_{q+1} & \cdots & p_n & -1 \\ \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_{q+1}} & \cdots & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_n} & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial z} \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_{q+1}} & \cdots & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_n} & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial z} \end{vmatrix} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

qui, étant résolu par rapport à $C_1, \ldots, C_q$, donne entre autres le système (1).

Inversement, pour les fonctions quelconques $\Phi_{q+i}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q)$ $(i = 1, 2, \ldots, n+1-q)$ indépendantes par rapport à $x_{q+1}, \ldots, x_n, z$ et telles que le système (4) est résoluble par rapport à $C_1, \ldots, C_q$, on obtient en le résolvant le système d'équations $F_s(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n) = C_s$ $(s = 1, 2, \ldots, q)$ en involution, résolubles par rapport à $p_1, \ldots, p_q$, dont chaque système de $m \leqq q$ équations a une intégrale de S. Lie,

$$F_s = C_s, \qquad s = 1, 2, \ldots, q, \qquad F_{q+i} = C_{q+i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n+1-q),$$

où

$$F_{q+i} = \Phi_{q+i}(x_1, \ldots, x_n, z, F_1, \ldots, F_q).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence de solutions singulières pour certaines équations de Fredholm.* Note de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note antérieure (28 février 1910), j'ai indiqué comment il était possible, par l'application de la méthode de Schwarz, de démontrer l'existence d'une valeur singulière pour un certain type d'équations intégrales. La méthode est, au fond, une méthode d'approximations successives appliquée à l'équation intégrale obtenue en itérant le noyau une fois et en commençant l'approximation par le noyau lui-même. Voici un exemple encore d'un type étendu d'équation de Fredholm où l'on peut procéder de manière analogue :

Soit l'équation

$$(1) \qquad \varphi(x) - \lambda \int H(x, y)\, \varphi(y)\, dy = f(x),$$

$H(x, y)$ étant une fonction bornée, intégrable et de carré intégrable. Nous supposons qu'il existe une fonction $K(x, y)$, symétrique et telle que

$$G(x, y) = \int K(x, z)\, H(z, y)\, dz$$

soit aussi une fonction symétrique ; on peut toujours admettre que $K(x, y)$ est une fonction *définie* ; car autrement on pourrait, au lieu de $G(x, y)$, considérer $G'(x, y)$:

$$G'(x, y) = \int K(x, t)\, G(t, y)\, dt = \int\int K(x, t)\, K(t, z)\, H(z, y)\, dz\, dt.$$

Ceci posé, et *si nous faisons abstraction des solutions singulières orthogonales à* $K(x, y)$, on peut énoncer les théorèmes suivants :

1. *Les valeurs singulières de l'équation* (1) *sont réelles.* — Soient, en effet,

λ une valeur singulière, $u(x)+iv(x)$ la solution correspondante; on aura

$$\lambda = \frac{\iint K(x,y)[u(x)+iv(x)][u(y)-iv(y)]\,d(x,y)}{\iint G(x,y)[u(x)+iv(x)][u(y)-iv(y)]\,d(x,y)};$$

λ est donc réel

2. *Si* $G(x,y)$ *n'est pas identiquement nul, il y a une valeur singulière.* — Il suffit de considérer [$H_n(x,y)$ désignant, comme d'habitude, le $n^{\text{ième}}$ noyau itéré] la fonction

$$\Phi_n(x,y) = \int K(x,z)\,H_n(z,y)\,dz$$

et les nombres

$$U_n = \int \Phi_n(z,z)\,dz;$$

les quantités $g_n = \frac{U_{2n}}{U_{2(n-1)}}$ jouent le rôle des constantes de Schwarz, et, comme dans ma première Note, le fait que $K(x,y)$ est défini permet d'écrire les inégalités nécessaires.

On trouve ainsi une valeur singulière et, pour l'équation associée avec le noyau $H_2(x,y)$, une solution singulière sous la forme

$$R(x,z) = \lim_{n=\infty} \frac{1}{g^n} \iint K(s,t)\,H_n(s,x)\,H_n(t,y)\,d(s,t).$$

Si la fonction $G(x,y)$ est identiquement nulle, toutes les solutions singulières sont orthogonales à $K(x,y)$.

Comme exemples d'équations intégrales de seconde espèce rentrant dans le type précédent, citons [$R(x,y)$ étant symétrique]

1° $$H(x,y) = A(x)\,R(x,y),$$

on peut prendre

$$K(x,y) = R(x,y);$$

2° $$H(x,y) = A(x)\,R(x,y)\,B(y),$$

on peut prendre

$$K(x,y) = B(x)\,B(y)\,R(x,y);$$

dans ces deux cas, d'ailleurs, il ne peut y avoir de solution singulière orthogonale à $K(x,y)$. Si $R(x,y)$ n'est pas défini, on applique la remarque faite plus haut, mais les conditions

$$\int K_2(x,z)\,H(z,y)\,dz \not\equiv 0 \quad \text{ou} \quad \equiv 0$$

entraînent nécessairement

$$\int K(x, z)\, H(z, y)\, dz \neq 0 \quad \text{ou} \quad = 0.$$

On voit donc que la conclusion de ma Note du 28 février [1] subsiste encore, même si le noyau n'est pas défini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet.* Note de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Émile Picard.

1. On sait que la série de Dirichlet $D(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s}$ est uniformément convergente dans toute aire intérieure à son domaine de convergence, donc elle définit une fonction analytique.

Nous allons montrer qu'une série de Taylor $T(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n$, associée à la série de Dirichlet, joue un rôle important dans la détermination du caractère analytique de la fonction $f(s)$ définie par $D(s)$. En combinant le théorème de M. Bohr [2] [d'après lequel la série de Dirichlet présente la sommabilité uniforme d'ordre r dans le domaine $R(s) > R(s_0)$, pourvu que la méthode des moyennes arithmétiques d'ordre r soit applicable pour $s = s_0$] avec celui de M. Marcel Riesz [3] (qui, à son tour, nous donne la condition nécessaire et suffisante pour que la série de Taylor soit sommable en un point régulier), j'ai pu démontrer le théorème suivant :

I. *Si la fonction analytique $\varphi(x)$ définie par $T(x)$ est régulière au point $x = 1$* [4], *$f(s)$ est une fonction entière.*

---

[1] Je profite de l'occasion pour corriger une légère erreur de transcription : il faut, à la dernière égalité, ajouter $+ f(x)$.

[2] *Comptes rendus*, 11 janvier 1909.

[3] *Comptes rendus*, 22 novembre 1909.

[4] Il suffit de nous borner au cas où la série $T(x)$ a pour rayon de convergence l'unité. En effet, si la série $D(s)$ est convergente en un seul point du plan, la série $T(x)$ converge au moins dans le cercle de rayon 1 ; d'autre part, si le rayon de convergence de $F(x)$ était supérieur à 1, la série $D(s)$ serait convergente dans tout le plan et cela rendrait notre théorème évident.

2. Dans ce cas, le prolongement analytique de la fonction $f(s)$ est possible en dehors du domaine de convergence :

1° *Par la méthode des moyennes arithmétiques* (l'abscisse de sommabilité d'ordre r étant $\lambda_r = \lambda_0 - r$, où λ_0 est l'abscisse de convergence);

2° *Par la sommation exponentielle de M. Borel* [par cette méthode, $D(s)$ est sommable dans tout le plan];

3° *Par des séries de polynome de Dirichlet* $\left(\text{en appelant } \textit{polynome de Dirichlet} \text{ les sommes de la forme } \sum_{n=1}^{k} \frac{c_n}{n^s}\right)$.

Si

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (c_1^{(n)} x + c_2^{(n)} x^2 + \ldots + c_{k_n}^{(n)} x^{k_n})$$

est une des séries de polynomes de M. Mittag-Leffler de $\varphi(x)$, la série de polynomes de Dirichlet de $f(s)$ sera

$$\sum_{n=0}^{\infty} H_n(s) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{c_1^{(n)}}{1^s} + \frac{c_2^{(n)}}{2^s} + \ldots + \frac{c_{k_n}^{(n)}}{k_n^s}\right).$$

Celle-ci est uniformément convergente dans tout domaine finie du plan des s.

3. Le problème suivant se pose : *Déterminer le caractère analytique de la fonction $f(s)$ définie par $D(s)$ quand la fonction $\varphi(x)$ définie par $F(x)$ est singulière au point $x = 1$. Est-ce que $f(s)$ aura nécessairement des singularités à distance finie?*

Je ne suis pas arrivé à résoudre ce problème dans toute sa généralité, mais je peux démontrer que :

II. *Si l'ordre* (au sens de M. Hadamard) *de $\varphi(x)$ est $-\infty$ au point (singulier) $x = 1$, la fonction $f(s)$ est encore une fonction entière.*

III. *Si le point $x = 1$ est un pôle, ou bien un point singulier logarithmique ou algébrique de la fonction $\varphi(x)$, la fonction $f(s)$ a des singularités à distance finie.*

IV. *Si les coefficients de $D(s)$ sont des nombres complexes qui se trouvent dans un angle $\alpha < \pi$ du plan complexe, le point réel de la droite de convergence est un point singulier de la fonction $f(s)$.*

Le théorème dernier est l'analogue du théorème démontré par M. P.

Dienes [1] relativement aux séries de Taylor et renferme, comme cas particulier, un des théorèmes de M. Landau [2]. La démonstration peut se faire dans l'ordre d'idées de M. Landau, nous appuyant encore sur le fait que la convergence absolue d'une série simple ou multiple résulte de la convergence de cette série, si tous les termes tombent dans un angle $\alpha < \pi$ du plan complexe.

4. Si nous connaissons la manière dont se comporte la fonction définie par la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ au point $z = 1$, nous pouvons en tirer des conclusions relatives au caractère analytique des fonctions représentées d'une part par des séries

$$(1) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n n!}{x(x+1)\ldots(x+n)},$$

d'autre part par des séries

$$(2) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{a_n x(x-1)\ldots(x-n)}{n!}.$$

Les résultats sont analogues aux théorèmes I-IV, avec la seule différence que dans le cas des séries factorielles (1), au lieu de *fonction entière*, il faut dire *fonction méromorphe*.

Le prolongement analytique des fonctions définies par (1) et (2) est possible à l'aide des méthodes des moyennes arithmétiques, de la sommation exponentielle de M. Borel et à l'aide des séries de polynomes de factorielles, pourvu que la série de Taylor associée soit régulière au point $x = 1$.

Les séries de polynomes sont de la forme suivante :

Pour la série (1)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{c_0^{(n)}}{x} + \frac{c_1^{(n)}}{x(x+1)} + \ldots + \frac{c_{k_n}^{(n)} k_n!}{x(x+1)\ldots(x+k_n)} \right]$$

et pour la série (2)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[c_0^{(n)} x - c_1^{(n)} x(x-1) + \ldots + (-1)^{k_n} \frac{c_{k_n}^{(n)}}{k_n!} x(x-1)\ldots(x-k_n) \right],$$

---

(1) *Comptes rendus*, 20 février 1905.

(2) E. Landau, *Uber einen Satz von Tschebyschef* (*Math. Ann.*, t. LXI, p. 536).

en supposant que la série de polynomes de M. Mittag-Leffler pour la fonction définie par la série de Taylor associée s'écrive

$$\sum_{n=0}^{\infty} (c_0^{(n)} + c_1^{(n)} z + \ldots + c_{k_n}^{(n)} z^{k_n}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application des transformations birationnelles.* Note de M. **Ouivet**, présentée par M. Appell.

Je ferai tout d'abord connaître la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Soient u_1, u_2, u_3 trois variables ; F_1, F_2, F_3 trois formes homogènes et du même degré en u_1, u_2, u_3 ; si les équations*

$$\frac{x_1}{F_1} = \frac{x_2}{F_2} = \frac{x_3}{F_3} \tag{1}$$

définissent une transformation birationnelle, les formules

$$\frac{x_1}{F_1(C_1 e^{r_1 t}, C_2 e^{r_2 t}, C_3 e^{r_3 t})} = \frac{x_2}{F_2(\quad)} = \frac{x_3}{F_3(\quad)}, \tag{2}$$

où r_1, r_2, r_3 sont trois constantes distinctes, donnent, exprimée en fonction uniforme d'un paramètre, l'intégrale générale d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré

$$A_1(x_2\,dx_3 - x_3\,dx_2) + A_2(x_3\,dx_1 - x_1\,dx_3) + A_3(x_1\,dx_1 - x_2\,dx_1) = 0, \tag{A}$$

où les A sont trois formes homogènes et du même degré en x_1, x_2, x_3.

Par suite des hypothèses faites, on a

$$\frac{C_1 e^{r_1 t}}{\varphi_1} = \frac{C_2 e^{r_2 t}}{\varphi_2} = \frac{C_3 e^{r_3 t}}{\varphi_3}, \tag{3}$$

φ_1, φ_2, φ_3 étant des formes homogènes en x_1, x_2, x_3 et du même degré.

On déduit immédiatement de là

$$\frac{C_1^{r_2-r_3} e^{(r_2-r_3)r_1 t}}{\varphi_1^{r_2-r_3}} = \lambda^{r_2-r_3}, \qquad \frac{C_2^{r_3-r_1} e^{(r_3-r_1)r_2 t}}{\varphi_2^{r_3-r_1}} = \lambda^{r_3-r_1}, \qquad \frac{C_3^{r_1-r_2} e^{(r_1-r_2)r_3 t}}{\varphi_3^{r_1-r_2}} = \lambda^{r_1-r_2},$$

λ étant la valeur commune des rapports (3); d'où par multiplication

$$\varphi_1^{r_2-r_3} \varphi_2^{r_3-r_1} \varphi_3^{r_1-r_2} = \text{const.} \tag{4}$$

D'autre part, les équations (2) différentiées donnent

$$dx_1 = F_1\,d\rho + \rho F'_1\,dt, \qquad dx_2 = F_2\,d\rho + \rho F'_2\,dt, \qquad dx_3 = F_3\,d\rho + \rho F'_3\,dt,$$

où ρ désigne la valeur commune des rapports (2) et F' la dérivée complète de F. Éliminant $d\rho$ et $\rho\,dt$ entre ces trois relations et remplaçant F_1, F_2, F_3 par les quantités proportionnelles x_1, x_2, x_3, on trouve

$$F'_1(x_2\,dx_3 - x_3\,dx_2) + F'_2(x_3\,dx_1 - x_1\,dx_3) + F'_3(x_1\,dx_2 - x_2\,dx_1) = 0.$$

C'est bien là l'équation annoncée, car les trois fonctions F' homogènes et du même degré par rapport à $C_1 e^{r_1 t}$, $C_2 e^{r_2 t}$, $C_3 e^{r_3 t}$, sont d'après les équations (3) des fonctions homogènes et du même degré en x_1, x_2, x_3.

Ce théorème fait correspondre à toute équation différentielle du troisième ordre à coefficients constants une infinité d'équations différentielles algébriques du premier ordre et du premier degré, dont l'intégrale (4) est algébrique ou transcendante, suivant les valeurs assignées aux rapports des constantes r_1, r_2, r_3.

La réciproque, dont la démonstration est immédiate, s'énonce ainsi : Quand l'intégrale générale d'une équation du type (A) est de la forme (4), les fonctions φ, homogènes et du même degré, définissant une transformation birationnelle, les trois variables x_1, x_2, x_3 sont proportionnelles à trois fonctions uniformes d'un paramètre auxiliaire, rationnelles par rapport à la constante d'intégration.

Applications. — 1° Considérons la transformation quadratique birationnelle, dont les trois points principaux sont confondus,

$$\frac{x_1}{uu''} = \frac{x_2}{uu'' - u'^2} = \frac{x_3}{u^2},$$

où

$$u = u_1 + u_2 + u_3, \qquad u' = r_1 u_1 + r_2 u_2 + r_3 u_3, \qquad u'' = r_1^2 u_1 + r_2^2 u_2 + r_3^2 u_3;$$

si nous formons l'équation (A) correspondante et si dans cette équation nous faisons

$$\frac{x_1}{x_3} = x, \qquad \frac{x_2}{x_3} = y,$$

nous trouvons l'équation d'Euler,

$$y\,dy + [(3x - r_1 - r_2 - r_3)y + (x - r_1)(x - r_2)(x - r_3)]\,dx = 0,$$

dont l'intégrale est

$$[y + (x - r_2)(x - r_3)]^{r_2 - r_3}$$
$$\times [y + (x - r_3)(x - r_1)]^{r_3 - r_1} [y + (x - r_1)(x - r_2)]^{r_1 - r_2} = \text{const.}$$

Remarquons, à propos de cette équation, qu'on peut la ramener par la transformation quadratique birationnelle

$$x = \frac{1}{v}, \qquad y = \frac{vw - 1}{v^2},$$

à l'équation

$$v(v\,dw - w\,dv) + dv - [r_1 r_2 r_3 v + (r_1 + r_2 + r_3)w - (r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1)]\,dw = 0$$

qui est une équation de Jacobi.

2° En employant la transformation quadratique birationnelle à deux points principaux confondus

$$\frac{x_1}{uu'} = \frac{x_2}{u'u''} = \frac{x_3}{u''^2},$$

u, u', u'' ayant la même signification que précédemment, ou la transformation générale à trois points principaux distincts

$$\frac{x_1}{u'u''} = \frac{x_2}{u''u} = \frac{x_3}{uu'},$$

on obtient des équations différentielles nouvelles dans lesquelles les coefficients F_1, F_2, F_3 sont des formes biquadratiques en x_1, x_2, x_3, mais sans facteur commun, tandis que dans le cas de l'équation d'Euler elles admettaient le facteur commun x_3.

Je me borne à signaler la forme de l'intégrale. Dans le premier cas, on trouve

$$\Pi[x_2 x_3 - (r_2 + r_3)x_1^2 + r_2 r_3 x_1 x_3]^{r_2 - r_3} = \text{const.}$$

et dans le second

$$\Pi[x_1 x_2 - (r_2 + r_3)x_3 x_1 + r_2 r_3 x_2 x_3]^{r_2 - r_3} = \text{const.},$$

où l'on doit faire des permutations sur les indices des lettres r.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les changements canoniques de variables.* Note de M. **H. Vergne**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons un système de $2n$ équations différentielles *canoniques*

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

dans lesquelles F désigne une fonction des x_i et des y_i. Soient

$$\beta_1, \quad \beta_2, \quad \ldots, \quad \beta_n, \quad \alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_n$$

$2n$ fonctions des $2n$ variables x et y. Nous pouvons faire un changement de variables, en prenant pour variables nouvelles les β et les α. Si les relations qui lient les variables nouvelles aux variables anciennes sont telles que l'expression

$$\sum \beta\, d\alpha - \sum x\, dy = dS$$

soit une différentielle exacte, on sait que ce changement de variables n'altérera pas la forme canonique des équations (1), qui deviendront

$$\frac{d\beta_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \alpha_i}, \qquad \frac{d\alpha_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial \beta_i}.$$

Nous dirons, avec M. Poincaré, qu'un tel changement de variables est un changement *canonique*, et nous le désignerons par la notation

$$(x, y) \to (\beta, \alpha).$$

Je suppose que l'une des variables canoniques nouvelles, par exemple β_1, soit précisément la fonction F elle-même : alors, avec ces nouvelles variables (β_i, α_i), les intégrales du problème seront

$$\begin{array}{llll} \alpha_1 + t = C_1, & \alpha_2 = C_2, & \ldots, & \alpha_n = C_n, \\ \beta_1 = C_{n+1}, & \beta_2 = C_{n+2}, & \ldots & \beta_n = C_{2n}, \end{array}$$

les C désignant $2n$ constantes d'intégration.

Pour que $\varphi = \text{const.}$ soit une intégrale des équations (1), il faut et il suffit que, exprimée au moyen des variables β_i, α_i et t, la fonction φ ne dépende que de

$$\alpha_1 + t, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_n; \quad \beta_1, \quad \beta_2, \quad \ldots, \quad \beta_n;$$

s'il en est ainsi, les dérivées $\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha_i}$, $\frac{\partial \varphi}{\partial \beta_i}$ ne dépendront aussi que des mêmes quantités.

Soient alors $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$, différentes intégrales du système (1) : je considère une expression

$$(2) \qquad \mathcal{F}\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_i}, \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_i}, \ldots, \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_i}, \frac{\partial \varphi_2}{\partial y_i}, \ldots\right),$$

dépendant des φ et de leurs dérivées partielles (d'une ordre quelconque); je suppose que tout changement de variables canonique $(x, y) \to (\beta, \alpha)$ transforme cette expression en la suivante :

$$(3) \qquad \mathcal{F}\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \frac{\partial \varphi_1}{\partial \beta_i}, \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha_i}, \ldots, \frac{\partial \varphi_2}{\partial \beta_i}, \frac{\partial \varphi_2}{\partial \alpha_i}, \ldots\right),$$

où les $\frac{\partial}{\partial \beta_i}, \frac{\partial}{\partial \alpha_i}$, remplacent simplement les $\frac{\partial}{\partial x_i}, \frac{\partial}{\partial y_i}$, qui figurent dans (2), ce que j'exprimerai en disant que l'expression (2) est invariante par tout changement canonique de variables. Je dis que, dans ces conditions, l'expression (2) est une intégrale du système (1); si, en effet, les (β_i, α_i) sont précisément les variables canoniques que nous considérions tout à l'heure ($\beta_1 = F$), il est évident que (3) est une intégrale. Nous pouvons donc énoncer ce théorème :

Toute expression telle que (2) *invariante par tout changement canonique de variables est une intégrale.*

En particulier, la *parenthèse* de Poisson

$$(\varphi_1, \varphi_2) = \sum_i \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x_i} \frac{\partial \varphi_2}{\partial y_i} - \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_i} \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_i} \right)$$

est invariante par tout changement canonique, ainsi qu'on le constate aisément; c'est donc une intégrale : nous retrouvons le théorème de Poisson.

De même l'expression

$$\sum_{ik} \frac{D(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}{D(x_i, y_i, x_k, y_k)}$$

est invariante par tout changement canonique; c'est donc une intégrale : c'est la généralisation du théorème de Poisson donnée par M. Poincaré (*Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. III, p. 43).

Supposons maintenant que les équations (1) ayant été intégrées, les x_i et les y_i se trouvent exprimés en fonction de t et de $2n$ constantes d'intégration $a_1, a_2, \ldots, a_{2n}$. Je suppose qu'une expression

$$(4) \qquad F\left(\frac{\partial x_i}{\partial a_1}, \frac{\partial x_i}{\partial a_2}, \ldots, \frac{\partial y_i}{\partial a_1}, \frac{\partial y_i}{\partial a_2}, \ldots\right),$$

dépendant des dérivées des variables par rapport aux constantes d'intégration, soit invariante par tout changement canonique $(x, y) \to (\beta, \alpha)$, c'est-à-dire qu'elle se transforme en

$$F\left(\frac{\partial \beta_i}{\partial a_1}, \frac{\partial \beta_i}{\partial a_2}, \ldots, \frac{\partial \alpha_i}{\partial a_1}, \frac{\partial \alpha_i}{\partial a_2}, \ldots\right).$$

Les mêmes considérations que tout à l'heure montrent aisément que cette expression (4) est une intégrale du système (1).

En particulier, le *crochet de Lagrange*

$$(a_1, a_2) = \sum_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial a_1} \frac{\partial y_i}{\partial a_2} - \frac{\partial x_i}{\partial a_2} \frac{\partial y_i}{\partial a_1} \right)$$

est invariant par tout changement canonique; c'est donc une intégrale. De même, l'expression

$$\sum_{ik} \frac{D(x_i, y_i, x_k, y_k)}{D(a_1, a_2, a_3, a_4)},$$

étant invariante, est une intégrale.

On pourrait aussi imaginer des expressions dépendant à la fois des dérivées $\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}$, $\frac{\partial \varphi}{\partial y_i}$ des intégrales par rapport aux variables, et des dérivées $\frac{\partial x_i}{\partial a}$, $\frac{\partial y_i}{\partial a}$ des variables par rapport aux constantes d'intégration, et qui seraient invariantes par tout changement canonique : ces expressions seraient encore des intégrales.

Enfin la considération d'expressions *différentielles* invariantes par tout changement canonique permettrait de retrouver les intégrales dépendant de plusieurs solutions infiniment voisines, et les invariants intégraux des équations (1), donnés par M. Poincaré (*Méthodes nouvelles*, t. III, Chap. II).

MÉCANIQUE. — *Sur la précision des appareils qui servent à étudier l'ébranlement des édifices.* Note de M. **B. Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note précédente (voir p. 901 de ce Volume), j'ai décrit l'appareil que j'ai employé pour étudier les vibrations imprimées aux édifices voisins par certains moteurs.

Avant d'appliquer cet appareil à l'étude des ébranlements des édifices, j'ai entrepris des expériences spéciales pour en vérifier la théorie.

Les formules établies précédemment donnent la possibilité de calculer T et σ pour différentes distances r_i de la masse mobile M_1.

T peut être déterminé directement par l'expérience et σ au moyen de la formule (6), en plaçant l'appareil sur une plate-forme mobile qu'on fait osciller d'un mouvement rythmique connu; on mesure directement z_m et T_p.

Le Tableau suivant donne les valeurs calculées comparativement avec les valeurs observées de T et σ.

	T		σ	
r_1.	calculé.	observé.	calculé.	observé.
cm	s	s		
57,4.....	0,19	0,20	2,1	1,8
47,5.....	0,16	0,17	2,5	2,1
37,5.....	0,13	0,14	2,9	2,4
27,5.....	0,12	0,12	3,0	2,6
17,5.....	0,11	0,11	2,7	2,5

L'accord entre les périodes calculées et observées est extrêmement satisfaisant. Les valeurs observées de σ sont un peu plus petites que les valeurs calculées, mais la différence n'est pas grande et elle est sans importance, car une erreur éventuelle de 15 pour 100 dans la valeur *absolue* de z_m n'a aucune importance pratique.

Avec cet appareil j'ai fait des études dans deux maisons différentes et à divers étages.

Le plus grand déplacement que j'ai pu observer s'est manifesté à l'étage supérieur d'une maison toute voisine du moteur Diesel. Dans la pièce où j'observais, le plancher vibrait violemment, différents objets oscillaient et je m'attendais naturellement à trouver une valeur assez grande pour z_m. Mais pour le mouvement vertical dans ce lieu, j'ai obtenu seulement

$$z_m = 0^{\text{mm}},0255.$$

Au niveau du sol on avait $z_m = 0^{\text{mm}},0056$.

On pourrait croire, au premier abord, que des oscillations aussi faibles peuvent difficilement occasionner des crevasses dans les murs. Mais il n'en est pas ainsi.

Pour évaluer l'effet destructif des vibrations, il faut prendre en considération, non les amplitudes vraies du mouvement, mais les accélérations correspondantes.

La formule (5) donne, pour ω, l'accélération maximum cherchée,

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{T_p}\right)^2 z_m. \tag{7}$$

Or T_p, vu la grande vitesse de rotation du moteur Diesel, étant très petit, ω peut devenir très grand.

Dans mon cas, la période d'oscillations de la courbe y, qui correspondait toujours exactement à la période du moteur, était égale à 0,1161 seconde.

On trouve alors

$$\omega = 7469 \text{ milligal.}$$

En prenant pour z_m la moyenne des valeurs trouvées en haut et en bas de l'édifice, $z_m = 0^{mm},0173$, on obtient

$$\omega = 5067 \text{ milligal.}$$

Le rapport de ω à l'accélération de la pesanteur g à Saint-Pétersbourg est

$$\frac{\omega}{g} = 0,005 16.$$

Soit P_0 la pression normale que supporte 1^{m^2} des fondements de l'édifice. $P_0 = 24\,125^{kg}$.

L'effet des vibrations verticales peut être comparé à des coups de bélier sur les fondements. La force correspondante est

$$P = 2 P_0 \frac{\omega}{g} = 249^{kg}.$$

Ces coups se répétant $8,62 = \frac{1}{0,116}$ fois par seconde, on peut bien se figurer qu'à la longue, si le sous-sol a un caractère marécageux, il peut se produire des affaissements irréguliers de l'édifice, et par suite des crevasses dans les murs.

Les différents résultats obtenus avec cet appareil, qui se prête particulièrement bien à ce genre d'études, peuvent se résumer ainsi :

1° Dans le voisinage immédiat d'un moteur Diesel, les vibrations verticales sont prédominantes.

2° Pour un édifice plus éloigné, les mouvements verticaux et les mouvements horizontaux sont à peu près du même ordre de grandeur.

3° Dans les étages supérieurs d'un même édifice, les vibrations sont plus grandes qu'en bas.

4° Les vibrations horizontales sont plus grandes dans la direction perpendiculaire à la façade la plus longue de l'édifice que dans la direction de la façade même.

5° A une distance de 75^m à 100^m d'un moteur Diesel, du type indiqué, l'effet nuisible des vibrations ne se manifeste plus.

6° L'appareil décrit dans cette Note peut aussi servir à l'étude des vibrations des ponts, navires, etc.

PHYSIQUE. — *Nouveau principe de métallisation.* Note [1] de M. **U. Schoop**, présentée par M. d'Arsonval.

Le principe nouveau pour obtenir des dépôts métalliques, découvert et imaginé par M. Schoop, peut être considéré comme le complément des procédés galvaniques. Ce principe consiste à projeter du métal fondu et pulvérisé sur les surfaces à recouvrir d'un dépôt métallique. La projection du métal en fusion peut être effectuée au moyen de buses appropriées, en employant certains gaz ou vapeurs à température élevée et sous forte pression. Ces gaz peuvent jouer, suivant le cas, un double rôle, soit un rôle purement physique en servant comme agents de pulvérisation, soit en même temps comme agents chimiques.

Les gaz inertes ou réducteurs comme l'*azote* ou l'*hydrogène* se prêtent particulièrement bien à la pulvérisation des métaux, surtout lorsqu'il s'agit des métaux s'oxydant facilement. Étant donné le bon marché de l'azote, qui est un sous-produit dans la fabrication de l'air liquide (*système Claude-d'Arsonval*), c'est surtout ce gaz inerte qui sera appelé à des grands services à l'avenir. D'ailleurs, la vapeur d'eau surchauffée peut être employée dans certains cas.

Le métal sortant de l'appareil sous pression est réduit en poudre impalpable, à l'état de brouillard pour ainsi dire, et se trouve projeté sur la surface des objets avec violence, de sorte que les gouttelettes se déposent sous forme de pellicules extrêmement minces et compactes, les recouvrant ainsi d'une couche adhérente et solide, et qui est d'une homogénéité et d'un aspect remarquables. L'épaisseur de la pellicule peut varier de $\frac{1}{50}$ de millimètre à quelques millimètres, suivant la durée de l'exposition. On comprend aisément qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des surfaces conductrices. Le nouveau procédé peut être employé par suite non seulement pour recouvrir d'une couche métallique les métaux, mais tout aussi bien le plâtre, l'ébonite, le verre, voire même le papier, le bois, le celluloïd, des pièces anatomiques, etc.

Un fait qui frappe au premier abord est la basse température de ces *brouillards métalliques*, qui varie entre 10° et 60°, ce qui permet de traiter des objets en matière facilement fusible ou inflammable. La pression du gaz est relativement élevée entre 20^{kg} et 25^{kg}; la détente qui se produit à la sortie de la buse abaisse donc considérablement la température initiale, qui est de 250° à 300°. Par suite de la grande pression du gaz, le métal reçoit une vitesse énorme qui atteint jusqu'à 25^{km} par seconde.

---

[1] Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

Les métaux qui se prêtent particulièrement bien au procédé Schoop sont ceux qui deviennent très fluides (étain, plomb, cuivre, alliage d'aluminium) à l'état de fusion. Par contre, la température de fusion plus ou moins élevée du métal à déposer ne joue qu'un rôle secondaire.

Une application très intéressante du procédé est celle du dépôt d'aluminium, le seul métal qui soit encore resté réfractaire aux principes galvaniques.

Comme on l'a vu, l'épaisseur et le caractère physique de la couche métallique peut varier dans de grandes limites, suivant la durée de l'exposition de l'objet à traiter et suivant, naturellement, les conditions de marche de l'appareil, comme par exemple, le diamètre de l'orifice de la buse, la nature du gaz employé, la température de fusion du métal et sa pression initiale, etc. Pour les couches minces, le dépôt se fait instantanément, pour obtenir une couche de 6^{mm} par exemple, 8 à 10 secondes suffisent largement. On se servira des couches épaisses, surtout lorsqu'il s'agit de remplacer le procédé galvanoplastique, qui, lui, n'est applicable que pour les surfaces conductrices. Avec un seul cliché négatif on est arrivé à faire en 10 heures jusqu'à 300 reproductions qui ne se distinguent en rien, *à part le prix de revient*, bien entendu, des reproductions galvanoplastiques.

En ce qui concerne la constitution et la densité du métal déposé par le procédé Schoop, tout fait supposer que la structure n'est pas cristalline, mais qu'elle affecte plutôt une forme amorphe. La détermination du poids spécifique sur des couches de plomb a donné 9,5 lorsqu'on se servait de la vapeur d'eau surchauffée et 11,0 à 11,3 avec l'hydrogène, toutes les autres conditions étant d'ailleurs les mêmes.

Le procédé d'application industrielle et le caractère physique du revêtement avec un métal donné sont donc fonctions d'un ensemble de conditions qu'il est impossible de déterminer d'avance. Quelques essais pratiques permettront cependant de fixer dans chaque cas particulier les conditions les plus avantageuses.

En ce qui concerne les applications pratiques, on peut distinguer deux grandes catégories :

I. Une pour les couches adhérentes, destinées à embellir les surfaces ou bien à les protéger contre les intempéries et les diverses actions d'ordre physique ou chimique ;

II. Une autre pour les couches à détacher de la surface.

Les applications de ces deux catégories sont tellement nombreuses, qu'il n'est guère possible de les énumérer toutes, ni de les prévoir dès maintenant. A titre d'exemple il convient d'en citer quelques-unes.

Première catégorie. — 1. Revêtement métallique des plâtres, bas-reliefs et de tous moulages et de toutes les œuvres de sculpture.

2. Métallisation des objets en bois pour machines volantes, poteaux télégraphiques et téléphoniques, carène des bateaux, tout article en bois de fantaisie, etc.

3. Métallisation du carton et tout ce qui se rapporte au carton ; possibilité de constituer des boîtes métalliques par la métallisation de papier plié et collé à la forme voulue.

4. Protection du fer et de l'acier contre la rouille et le zingage, ceci s'appliquant à toutes constructions métalliques, fixes ou mobiles : ponts, charpentes en fer, etc.

5. Fabrication d'étoffes métallisées imperméables aux gaz et à l'eau, pouvant remplacer les étoffes caoutchoutées dans l'industrie des machines volantes, les ballons et les pneus, toiles cirées, bâches, etc.

6. Métallisation des pièces céramiques et de verrerie d'art, fabrication des miroirs paraboliques pour astronomie.

7. Capsulage et bouchage de flacons et de bouteilles (bouteille *inviolable*, tant recherchée).

8. Constitution de vases et réservoirs en grès, fonte, tôle plombée pour l'industrie chimique.

9. Possibilité de faire adhérer à l'aluminium une couche d'un métal quelconque.

Deuxième catégorie. — 1. Fabrication des clichés d'impression, planches pour éditions stéréotypes, galvanos.

2. Fabrication des tubes sans soudures.

3. Fabrication des objets métalliques creux, etc.

PHYSIQUE. — *Sur un dispositif simple pour la mesure d'un champ magnétique.* Note [1] de M. C. **Chéneveau**, présentée par M. d'Arsonval.

Si l'on considère l'action d'un champ magnétique sur un liquide qui peut se déplacer normalement aux lignes de force du champ, la dénivellation produite est, en général, assez faible pour n'être mesurable qu'avec un microscope, à oculaire micrométrique, de grossissement assez notable.

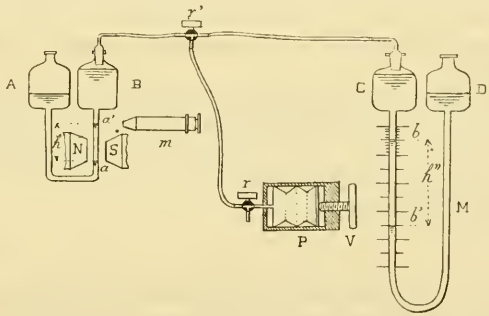
---

[1] Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

On peut déjà augmenter l'effet du champ de façon à le rendre visible sans le secours d'aucun instrument d'optique, en disposant dans un tube en U, formé par deux gros réservoirs A et B reliés par un tube assez fin T (*fig.* 1), deux liquides, l'un paramagnétique (solution aqueuse de SO^4Mn à 30 pour 100 environ) et l'autre diamagnétique (phénol, mélange de C^6H^6 et CCl^4). Les deux liquides ont des densités très voisines et peuvent se superposer dans le tube T de façon à former un ménisque a qui sera placé dans le champ magnétique.

L'expérience montre qu'avec deux liquides *dont les densités diffèrent de* 0,023 on obtient une élévation du niveau *dix-huit fois plus grande* qu'avec le liquide magnétique seul; c'est-à-dire que par exemple, dans un champ de 2800 gauss, au lieu de $0^{mm},5$, on obtiendra 9^{mm}.

Cependant, dans des champs non uniformes, cette méthode ne peut être employée que pour de faibles valeurs du champ parce que, pour de fortes dénivellations, l'intensité du champ ne serait pas la même au niveau initial a et au niveau final a'; d'ailleurs la dimension du champ peut s'opposer à une grande dénivellation.



Le dispositif suivant résout plus complètement le problème de la mesure exacte du champ. Imaginons que le réservoir B de l'appareil précédent, qui ne servira plus alors que d'indicateur, puisse être mis en communication avec un petit compresseur P (*fig.* 1), permettant d'exercer une légère pression à la surface du liquide du réservoir B, et un manomètre différentiel M permettant de la mesurer. La pression exercée par le champ au point a est

$$\frac{H^2}{2}(\varkappa + \varkappa_1), \tag{1}$$

H, intensité du champ; $\varkappa$ et $\varkappa_1$, susceptibilités magnétiques des liquides.

Lorsque le niveau tend à remonter, on comprime légèrement l'air pour exercer une

pression en sens contraire de celle due au champ, qui ramène le ménisque au point de départ a et l'y maintienne immobile; ce que l'on constate avec une grande précision à l'aide d'un microscope m. Le niveau de séparation des liquides du manomètre différentiel (eau-phénol, eau-mélange $C^6H^6 + CCl^4$, etc.) passera alors de b en b'. Soit h'' la dénivellation observée lorsque l'équilibre sera atteint; la pression appliquée sera

$$h''(\rho_2 - \rho_3)g. \tag{2}$$

si ρ_2 et ρ_3 sont les densités des deux liquides du manomètre; $g = 981 \frac{\text{cm}}{(\text{sec.})^2}$. En égalant les expressions (1) et (2), on a donc

$$H^2 = \frac{2h''(\rho_2 - \rho_3)g}{\varkappa + \varkappa_1}.$$

Cette formule, qui peut permettre ainsi de déterminer l'intensité du champ magnétique, montre que la hauteur h observée peut être *cent trente fois plus grande* que la hauteur observée avec le liquide magnétique seul, c'est-à-dire que dans un champ de 2800 unités mesuré au fluxmètre Grassot, au lieu de $0^{\text{mm}},5$ on doit observer $6^{\text{cm}},5$ au manomètre; l'expérience faite à l'aide du modèle réalisé par la Société centrale de Produits chimiques ($\rho_2 - \rho_3 = 0,025$) a donné $6^{\text{cm}},7$. Avec un champ quatre fois plus grand, on aurait 104^{cm}.

L'appareil, qui peut être utilisé pour tous les électro-aimants de laboratoire, permet la mesure d'un champ magnétique en une région extrêmement limitée de ce champ; la dénivellation du manomètre étant proportionnelle au carré du champ, l'emploi de l'appareil est encore indiqué dans le cas de champs alternatifs.

PHYSIQUE. — *Sur une loi de Stefan relative à l'évaporation.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

La loi dont il s'agit vise la quantité de liquide évaporé dans un vase qui ne communique avec l'extérieur que par un orifice en mince paroi.

Elle repose sur l'analogie admise par Stefan [1] entre les phénomènes d'évaporation à l'état stationnaire et ceux d'électrostatique (la vapeur s'échappant suivant des lignes qui sont les lignes de force que créerait un disque électrisé circonscrit à l'orifice). Elle peut se formuler : « Toutes

[1] J. Stefan, *Wien. Ber.*, t. LXXXIII, 2, 1881, p. 943.

choses égales d'ailleurs, la vitesse d'évaporation est proportionnelle aux dimensions linéaires de l'orifice. »

Ayant employé pour l'étude de l'évaporation un vase auquel cette loi paraît devoir s'appliquer [1] et n'en ayant trouvé que des vérifications peu nombreuses et seulement qualitatives, j'ai tenté de la vérifier moi-même dans les limites où je pouvais l'utiliser (diamètres d'ouverture compris entre 3^{cm} et $0^{cm},5$).

Mes mesures ont porté sur l'éther, le chloroforme et la benzine. Elles ont consisté à déterminer simultanément le poids P évaporé par minute dans quatre vases cylindriques de même diamètre, $3^{cm},80$, fermés par des disques en métal mince percés au centre d'ouvertures circulaires de diamètres D respectifs :

$$3^{cm},\quad 2^{cm},\quad 1^{cm},\quad 0^{cm},5.$$

Les quatre vases contiennent la même quantité de liquide : celle-ci varie de façon que la distance d de la surface libre à l'orifice prenne les valeurs successives

$$2^{cm},10,\quad 1^{cm},66,\quad 1^{cm},22,\quad 0^{cm},78,\quad 0^{cm},34.$$

Le Tableau suivant contient les diverses valeurs du quotient $a = \frac{P}{D}$ (P en milligrammes), lequel devrait, d'après Stefan, être constant pour un liquide donné (les mesures se faisant sensiblement à une même température, F est constant)

		d.				
	D.	2.10.	1.66.	1.22.	0.78.	0.34.
Éther	3	200	260	310	400	532
	2	227	266	306	373	402
	1	202	227	241	260	270
	0,5	192	204	208	211	214
Chloroforme	3	84	102	120	157	209
	2	85	95	108	128	141
	1	77	82	89	92	95
	0,5	75	76	78	80	82
Benzine	3	28,6	32,8	41,2	52,0	64,8
	2	28,3	32,0	37,6	39,0	45,2
	1	22,0	24,6	25,6	27,0	28,0
	0,5	20,0	21,6	22,4	23,4	23,6

Les mesures sont trop peu nombreuses pour les rassembler dans une

[1] *Comptes rendus*, 24 janvier 1910.

formule empirique. Mais de l'examen du Tableau découlent immédiatement certaines conséquences :

La vitesse d'évaporation varie en sens inverse de la distance du liquide à l'orifice (elle est grossièrement en raison inverse de la racine carrée de cette distance). La variation est d'autant plus lente (le coefficient de proportionnalité d'autant plus petit) que l'ouverture est plus petite et le liquide moins volatil.

La vitesse d'évaporation croît avec le diamètre de l'orifice, en général, plus vite que ne l'indique la loi de Stefan. Toutefois la variation avec le diamètre D est d'autant plus lente que l'orifice est plus grand, plus loin de la surface libre et le liquide plus volatil. Avec un liquide aussi volatil que l'éther il arrive même (pour $d > 1,5$ et $D > 2$) que la vitesse d'évaporation croît moins vite que le diamètre de l'orifice. Le même fait peut d'ailleurs être observé sur le chloroforme et la benzine, même avec $D < 1$, en faisant d suffisamment grand. Voici, par exemple, les valeurs obtenues par le quotient a avec $d = 7^{cm}$:

D.	Éther.	Chloroforme.	Benzine.
2	87	41	12
1	130	59	17
0,5	150	60	16

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse d'évaporation dépend aussi du diamètre D′ de la surface libre, cette dernière influence étant d'autant moins marquée que le liquide est moins volatil et la surface libre plus grande par rapport à l'ouverture. On a comparé à ce point de vue quatre vases de diamètres respectifs :

$$3^{cm},8, \quad 2^{cm},8, \quad 1^{cm},9, \quad 1^{cm},1,$$

munis d'ouvertures de même diamètre $0^{cm},8$ et dans lesquels la quantité de liquide était réglée de façon à amener la surface libre à 1^{cm} de l'orifice. Voici les valeurs correspondantes du quotient $a = \frac{P}{D}$.

D′.	Éther.	Chloroforme.	Benzine.
3,8	188	79	24,0
2,8	136	74	23,6
1,9	118	71	23,2
1,1	80	59	22,2

En résumé, le rôle de l'orifice ne peut être isolé de celui que joue la surface

libre à la fois comme grandeur et comme position. Pour une surface libre donnée et un orifice partant de zéro et croissant d'une façon continue, la loi de Stefan donne d'abord des nombres trop faibles, puis paraît sensiblement exacte et au delà fournit des valeurs trop fortes. Les limites entre lesquelles elle paraît exacte varient d'ailleurs avec le degré de volatilité du liquide.

PHYSIQUE. — *Réaimantation spontanée du fer.* Note de M. **H. Ollivier**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai abordé l'étude de deux puissants électro-aimants droits, identiques, formés chacun d'un noyau d'acier très doux de 10^{cm} de diamètre et 150^{cm} de longueur, et d'un enroulement régulier comprenant 2340 spires. Je décris dans la présente Note un phénomène de réaimantation spontanée, phénomène général, mais présenté à un haut degré par ces gros aimants.

Le phénomène en question a la même allure, qu'on étudie un seul des aimants ou les deux aimants placés bout à bout, avec ou sans entrefer. J'ai mesuré, en fonction du courant i : 1° (au moyen d'un magnétomètre éloigné) le moment magnétique, d'où l'intensité d'aimantation moyenne $\mathfrak{I}$; 2° (au moyen d'un balistique) le flux qui s'échappe d'un bout; 3° le flux dans l'entrefer. Sauf pour les très faibles aimantations, inférieures à 0,1 C. G. S., ces trois quantités varient proportionnellement entre elles. Il suffit donc de parler de l'aimantation moyenne $\mathfrak{I}$.

Le courant i étant très intense et d'un sens que nous appellerons *positif*, coupons ce courant; l'aimantation décroît lentement jusqu'à une valeur positive $\mathfrak{I}_1$. Faisons passer un courant négatif pas trop intense i'' (quelques dixièmes d'ampère); l'aimantation prend une valeur fortement négative. Coupons le courant i''; l'aimantation reprend une valeur positive $\mathfrak{I}_2$ un peu inférieure à $\mathfrak{I}_1$. Faisons passer de nouveau le courant négatif i'', coupons-le et recommençons plusieurs fois; nous arrivons très vite à un cycle limite.

Cycle limite (*fig.* 1). — Pour $i = 0$, l'aimantation $\mathfrak{I}$ a la valeur positive $\mathfrak{I}'$ (plusieurs unités C. G. S.); pour i négatif et croissant en valeur absolue jusqu'à i'', $\mathfrak{I}$ décroît presque linéairement et atteint la valeur négative $\mathfrak{I}''$ qui peut être, en valeur absolue, 30 ou 40 fois plus grande que $\mathfrak{I}'$. Puis, i tendant vers zéro, $\mathfrak{I}$ augmente (la courbe de retour est très peu concave) et l'on retrouve rigoureusement l'aimantation première $\mathfrak{I}'$: il y a eu *réaimantation spontanée et totale* du fer.

Si l'on coupe brusquement le courant négatif i'' qui maintient la forte aimantation négative $\mathfrak{I}''$, l'aimantation ne reprend sa valeur première $\mathfrak{I}'$ qu'au bout d'un temps

mesurable, qui peut atteindre 1 minute. De petites boussoles placées près des noyaux se retournent brusquement quand l'aimantation change de signe. La durée θ qui

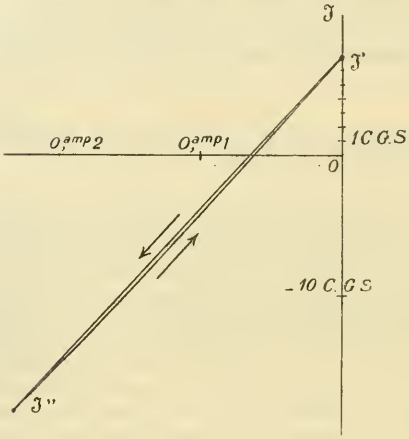


Fig 1

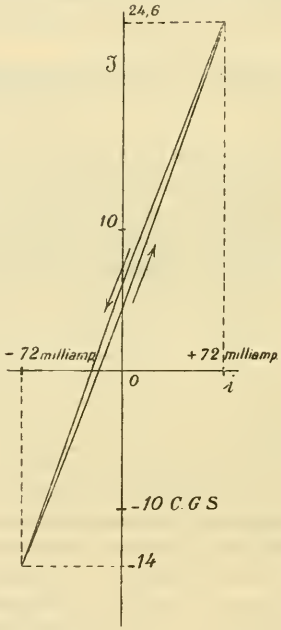


Fig. 2

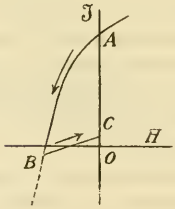


Fig. 3

Fig. 1. — Cycle limite et réaimantation spontanée (un noyau) :
$\mathfrak{J} = -6,75$
$\mathfrak{J}'' = -18,15$ (pour $0^{amp},234$).

Fig. 3. — Réaimantation partielle d'une longue tige (M. Maurain).

Fig. 2. — Cycle parcouru entre les valeurs $+i''$ et $-i''$ ($i'' = 72$ milliampères). [Les deux noyaux bout à bout.]

sépare les instants de la rupture du courant et du retournement des boussoles croît avec $\mathfrak{J}''$. θ est triplé si les bobines sont mises en court-circuit pendant que la réaiman-

tation se fait : ce sont donc des courants induits qui ralentissent ainsi la réaimantation. Si l'aimant en expérience est parallèle au méridien magnétique, au lieu de lui être perpendiculaire, et si l'aimantation $\mathfrak{I}'$ a le sens de celle donnée par la Terre, θ diminue un peu; et inversement.

Autres cycles. — Le fer ayant été soumis d'abord à un fort champ positif, faisons varier le courant i entre les deux limites $+i''$ et $-i''$ ($i'' < 1$ ampère, et même $< 0^{\text{amp}},3$ pour que l'hystérésis soit négligeable). L'aimantation $\mathfrak{I}$ varie beaucoup en fonction de i, mais presque exactement suivant la loi simple

$$\mathfrak{I} = a + bi$$

quand il s'agit d'un seul noyau; quand les deux noyaux sont bout à bout, l'hystérésis est plus visible (*fig.* 2) et b est environ trois fois plus grand.

Un noyau court se comporte donc, pour des courants pas trop intenses, comme l'ensemble d'un aimant permanent en acier très dur (d'aimantation fixe a), et d'un solénoïde bien plus puissant que le solénoïde magnétisant.

En restreignant de plus en plus les limites $+i''$ et $-i''$, les cycles d'hystérésis se réduisent à un point ($\mathfrak{I} = a$), mais le fer est loin d'être désaimanté. Il faut, pour arriver à la désaimantation, employer des courants négatifs intenses.

J'ai retrouvé sur divers électro-aimants, sur des cylindres, des prismes, des tores, etc., des phénomènes analogues, mais d'autant plus affaiblis que les circuits magnétiques étaient mieux fermés [1]. Les phénomènes présentés par les noyaux courts sont donc liés à l'existence d'un grand champ démagnétisant (à peu près égal, pour mes aimants, aux trois quarts du champ des bobines quand on part d'une aimantation nulle. Ce rapport devient d'ailleurs petit pour des courants intenses.)

M. Maurain qui, à ma demande, a bien voulu faire des expériences analogues aux miennes, a trouvé, sur diverses tiges d'acier, des réaimantations d'autant plus accusées que le rapport $\frac{\text{longueur}}{\text{diamètre}}$ était plus petit et l'aimantation plus loin d'être uniforme. En opérant sur une très longue tige de fer doux, M. Maurain a trouvé une ébauche de réaimantation (*fig.* 3). Si, en parcourant un cycle d'hystérésis ordinaire, on dépasse très légèrement le champ coercitif, on a une faible aimantation négative B; si l'on coupe le courant, on obtient une faible aimantation positive C.

La réaimantation lente, spontanée et totale des gros cylindres de forme ramassée n'est que l'exagération de ce fait normal.

---

[1] Les dynamos présentent le phénomène décrit ci-dessus; ce qui vient bien à l'appui de la théorie de M. Swyngedauw sur l'autoexcitation (Swyngedauw, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 301).

A ce sujet, M. **Bouty** rappelle que, dès 1876 (¹), par de simples mesures de moments magnétiques, il avait constaté qu'un barreau d'acier, aimanté primitivement dans un certain sens et soumis à l'action d'un champ démagnétisant tel que son moment magnétique soit nul (c'est-à-dire tel que le moment résultant de la bobine et du barreau soit égal à celui de la bobine employée seule), se trouve cependant aimanté dans le sens primitif quand le champ démagnétisant a cessé d'agir.

PHYSICO-CHIMIE. — *Mesure des susceptibilités magnétiques des corps solides.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Dans deux précédents Mémoires d'ensemble (²), j'ai montré comment la méthode classique du tube en U pouvait donner à $\frac{1}{200}$ près les susceptibilités magnétiques et servir ainsi dans l'étude de la constitution des sels minéraux dissous et des liquides organiques. J'ai été amené à chercher une méthode aussi précise et aussi rapide, applicable aux solides, en particulier dans le but de faire l'analyse magnétique des groupements chromophoriques des matières colorantes, de caractériser certaines isoméries en Chimie minérale et de préciser les circonstances de formation des roches ferrugineuses.

La méthode du tube en U revenant à mesurer par la dénivellation d'un liquide la pression exercée par le champ à sa surface, j'ai eu l'idée de mesurer cette pression à l'aide de la balance.

Le corps à étudier remplit à moitié un tube de verre T, à parois minces, de 10^{cm} à 30^{cm} de long et de 8^{mm} de diamètre intérieur. Ce tube est attaché par un fil F de 60^{cm} à 70^{cm} à l'une des extrémités du fléau d'une balance et pend dans l'entrefer d'un fort électro-aimant E du type Weiss, dont le plan de symétrie longitudinal est placé horizontalement. La surface terminale du corps est au centre du champ, qui reste pratiquement constant dans un volume de 2^{cm^3} pour un entrefer de 1^{cm}. Enfin un plateau non magnétique P est attaché à la partie inférieure du tube, à portée de la main, et tout l'ensemble est protégé par une étroite cage vitrée (en pointillé).

Les actions de l'électro-aimant sur les différentes parties du tube de verre se compensent par symétrie, et le fléau, d'ailleurs peu magnétique, se trouve dans une région où la résultante ε des champs opposés de l'entrefer et des fuites magnétiques est négligeable. Il est d'ailleurs facile d'en tenir compte dans les mesures. ($\varepsilon = 0^{mg},08$ pour un champ de 20000 gauss.)

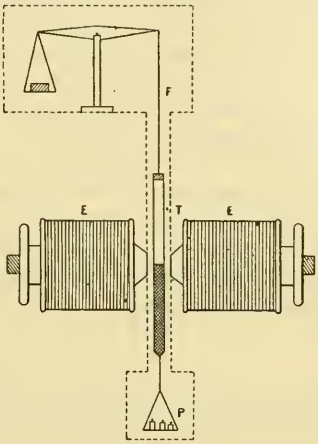
On complète l'appareil par un microscope horizontal à oculaire micrométrique qui

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 1050.

(²) *Annales de Chimie et Physique*, mars 1909 et janvier 1910.

vise à poste fixe la surface terminale du corps et permet tout à la fois de placer constamment celle-ci dans la même partie du champ et d'évaluer les fractions de milligramme de la force exercée par l'électro.

L'appareil étant en équilibre, on détermine le zéro; puis on modifie la tare placée sur le plateau P et l'on rétablit l'équilibre en excitant l'électro. On arrive facilement à connaître à $\frac{1}{10}$ de milligramme près la force de pression F exercée par le champ.



Si s est la section du tube, H, H' les champs aux extrémités de la substance, χ et χ_0 les susceptibilités du corps et de l'air, on a

$$F = \frac{\chi - \chi_0}{2}(H^2 - H'^2)s.$$

En remplaçant le corps par de l'eau, on observe une force de pression

$$F' = \frac{\chi' - \chi_0}{2}(H^2 - H'^2)s,$$

d'où la relation, indépendante de la nature et des dimensions de l'appareil

$$\chi = \chi_0 \pm \frac{F}{F'}(\chi' - \chi_0).$$

On voit facilement que, si a et D sont les masses spécifiques de l'air et de la substance, ρ la masse spécifique apparente de la charge du tube, la susceptibilité

spécifique est donnée par la formule

$$\chi_s = \left[1 - a\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{\rho}\right)\right]\left[(\chi' - \chi_0)\frac{F'}{\rho F} - \frac{\chi_0}{D}\right],$$

qui se simplifie pour un liquide ou un solide continu ($\rho = D$).

Dans le cas des liquides usuels organiques, F et F′ sont de l'ordre de 15^{mg} à 60^{mg} pour des champs de 10000 à 20000 gauss; elles atteignent plusieurs hectogrammes pour certains corps ferrugineux. Aussi, quand la charge est bien régulière, les erreurs ne peuvent provenir que de la détermination du champ. Avec les précautions indiquées dans les Mémoires précités, on peut compter en moyenne sur le $\frac{1}{150}$, résultat qu'il serait peut-être hasardeux d'attendre d'autres appareils courants, comme, par exemple, le modèle commercial de l'appareil de Curie.

L'appareil que je décris ici me semble donc devoir rendre des services dans les laboratoires de Chimie où l'on voudra introduire les méthodes magnétiques d'analyse. Son dispositif robuste, ses indications rapides et fidèles m'ont même fait abandonner pour les liquides la méthode du tube en U, dans laquelle un manque de propreté absolue expose à l'influence perturbatrice des phénomènes capillaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éther éthylique de l'allylcarbinol.* Note de M. **Pariselle**, présentée par M. A. Haller.

En faisant réagir l'oxyde de méthyle chloré sur le bromure d'allylmagnésium, M. Lespieau (*Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1161) a obtenu un mélange composé d'éther méthylique de l'allylcarbinol et de biallyle; il n'a pu séparer ces deux corps par distillation.

En répétant cette réaction avec l'oxyde d'éthyl-méthyle chloré

$$C^2H^5OCH^2Cl,$$

j'ai pu isoler l'éther éthylique

$$CH^2 = CH - CH^2 - CH^2OC^2H^5.$$

Point d'ébullition, 90°; $d_0 = 0,811$; $n_D^{17^\circ} = 1,396$; $R_m = 30,48$; calculé : 30,80.

La fixation du brome et de l'acide hypochloreux sur cet éther éthylénique m'a fourni deux composés dont l'étude sera l'objet de ce travail.

Dérivé dibromé $CH^2Br.CHBr.CH^2.CH^2OC^2H^5$. — Point d'ébullition, 98° sous 13^{mm}; $d_0 = 1,76$; $n_D^{15} = 1,512$; $R_m = 45,2$; calculé : 47.

Ce corps, saponifié par l'eau à l'ébullition, comme je l'ai indiqué pour l'éther méthylique correspondant (*Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 295), m'a donné :

1° L'*éthyline* $CH^2OH.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$; point d'ébullition, 130° sous 14^{mm}. Je l'ai caractérisée par l'isocyanate de phényle qui m'a donné une diuréthane fondant à 98°-99°, c'est-à-dire 13° plus bas que celle de la méthyline;

2° L'*oxyhydrofurfurane* $\underbrace{CH^2 - CHOH - CH^2 - CH^2}_{O}$, que j'ai déjà obtenu avec l'éther méthylique. Je l'ai identifié par son uréthane.

Fixation de l'acide hypochloreux. — En opérant d'après la méthode indiquée par M. Henry, j'ai obtenu un liquide bouillant à 88°-90° sous 12^{mm} et dont la composition répond bien à une addition pure et simple. Restait à déterminer de quelle façon le chlore et l'oxhydrile s'étaient fixés sur la liaison allylique.

En 1875, il y avait eu des discussions entre Markovnikoff et Henry [1], à propos de la fixation de l'acide hypochloreux sur le propylène. Markovnikoff prétendait que le chlore se fixait sur le carbone primaire, Henry sur le carbone secondaire.

En 1905, Henry [2] admet qu'il se forme à la fois un alcool primaire et un alcool secondaire avec prédominance du premier.

Dans le cas actuel, je crois avoir démontré que la majeure partie du produit formé est constituée par le corps

(A) $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$,

le corps

(B) $CH^2OH.CHCl.CH^2.CH^2OC^2H^5$

n'existant qu'en faible proportion.

En effet, le produit a été traité pendant 2 jours à 110° par un courant d'acide bromhydrique. Dans ces conditions, (A) devait donner

(A') $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2Br$

et (B)

(B') $CH^2Br.CHCl.CH^2.CH^2Br$.

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVI, p. 23.

[2] Henry, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1070.

Or les analyses m'ont montré que le corps (A′) existait presque uniquement.

Seules les têtes de la distillation m'ont donné un peu plus d'halogène que la quantité théorique, ce qui montre qu'il n'y avait que des traces de (B′) et par suite de (B).

Voici quelques propriétés des corps étudiés :

$CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$. — Point d'ébullition : 88°-90° sous 12^{mm}; $d_0 = 1,1138$; $n_D^{17^\circ} = 1,45$; $R_m = 37,9$; calculé : 37,87.

$CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2Br$. — Point d'ébullition : 103°-106° sous 13^{mm}; $n_D^{15^\circ} = 1,52$; $d_0 = 1,71$.

Traité par la potasse en solution éthérée, ce corps m'a donné l'épibromhydrine $CH^2 - CH - CH^2 - CH^2Br$ (O) déjà étudiée (Pariselle, *loc. cit.*).

Épiéthyline $CH^2 - CH - CH^2 - CH^2OC^2H^5$ (O). — Point d'ébullition : 146°-147°.

Elle s'obtient en traitant la chlorhydrine précédente dissoute dans l'éther par de la potasse pulvérisée.

En la traitant par l'acide chlorhydrique, j'ai eu un liquide identique au corps (A).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les trialcoylacétophénones.* Note [1] de Mlle **Pauline Lucas**, présentée par M. A. Haller.

MM. A. Haller et Ed. Bauer ont montré que les alcoylphénylcétones se laissaient soder en milieu anhydre au moyen de l'amidure de sodium, et que le dérivé ainsi formé réagissait sur les iodures alcooliques pour donner des acétophénones substituées en α. Ils sont ainsi arrivés, par des alcoylations répétées, jusqu'aux trialcoylacétophénones [2]

$$C^6H^5 - CO - C\begin{cases} R \\ R' \\ R'' \end{cases}$$

Le présent travail a pour but l'étude de l'action des dérivés organoma-

---

[1] Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

[2] A. Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 70, et t. CXLIX, 1909, p. 5.

gnésiens sur ces cétones, ainsi que l'étude des propriétés des dérivés qui se forment dans ces conditions.

Action de l'iodure de méthylmagnésium sur la triphénylacétophénone. — Lorsqu'on ajoute à une solution d'iodure de méthylmagnésium dans l'éther 1^{mol} de triméthylacétophénone, il y a une vive réaction et l'on observe au bout de quelque temps un abondant dépôt cristallin qui ne tarde pas à occuper la presque totalité de la solution.

On maintient pendant 2 heures à l'ébullition, puis on ajoute goutte à goutte de l'eau à l'aide de l'entonnoir à robinet. Il se déclare une vive réaction en même temps que le précipité cristallin entre en solution.

On acidifie la solution, on décante, on lave à l'eau, puis on chasse l'éther au bain-marie.

Le résidu est ensuite distillé dans le vide. Au commencement de la distillation il passe des traces d'eau, puis vers 100°, sous 15^{mm}, quelques gouttes d'un liquide à odeur spéciale. Le reste du produit distille ensuite intégralement de 116° à 117° sous 15^{mm} en ne laissant qu'un résidu insignifiant.

En partant de 50^g de triméthylacétophénone, on obtient 52^g de ce produit dont l'analyse correspond au *méthylpseudobutylphénylcarbinol*, formé en vertu de la réaction

$$(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^6H^5 + CH^3MgI = (CH^3)$$
$$\equiv C - C\begin{cases} O - MgI \\ CH^3 \end{cases} C^2H^5 \rightarrow (CH^3) \equiv C - C\begin{cases} OH \\ CH^3 \end{cases} C^4H^5.$$

Les rendements sont donc de 96 pour 100.

Le méthylpseudobutylphénylcarbinol constitue un liquide peu mobile, doué de très peu d'odeur et distillant à 116°-117° sous 15^{mm}.

Il ne donne pas de phényluréthane. Traité par l'acide formique normal à l'ébullition, on obtient un produit passant de 95° à 120° sous 15^{mm}; en le fractionnant, on arrive à isoler une portion de tête de 88° à 90° sous 11^{mm} et une portion de queue de 115° à 117° qui est de l'alcool non attaqué.

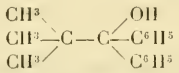
L'analyse de la portion de tête nous a conduit au carbure $C^{12}H^{16}$ répondant probablement à la formule $C^6H^5 - C(=CH^2)C\equiv(CH^3)^3$.

Ce même produit peut se préparer plus facilement en maintenant le méthylpseudobutylphénylcarbinol à l'ébullition à la pression ordinaire pendant quelques heures. Il se dégage de l'eau, et le liquide passe alors de 195° à 200°. La déshydratation n'est cependant jamais complète, et il est nécessaire de purifier le produit obtenu par distillation.

C'est un carbure non saturé, car il fixe le brome et réduit lentement à froid le permanganate de potassium.

Action du bromure de phénylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La réaction se fait dans les mêmes conditions que la précédente. On n'observe cependant pas de dépôt cristallin, mais le produit de réaction prend une consistance gélatineuse. On décompose par l'eau acidulée, on lave, on chasse l'éther, et le résidu, distillé dans le vide, passe entièrement de 179° à 180° sous 11^{mm}.

Ici encore l'analyse nous a montré que la réaction a marché normalement et que nous nous trouvons en présence du *diphénylpseudobutylcarbinol*



C'est un liquide plus dense que le dérivé méthylé. Chauffé avec de l'acide formique, il ne se dissout pas, et, après plusieurs heures d'ébullition, on récupère de nouveau le carbinol inaltéré.

Chauffé à l'ébullition à la pression ordinaire, il subit une déshydratation absolument dans les mêmes conditions que le méthylpseudobutylphénylcarbinol.

Après fractionnement on obtient un liquide passant de 158° à 159° (11^{mm}), les portions de queue pouvant être déshydratées à nouveau.

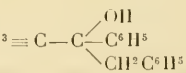
L'analyse nous a montré que le produit ainsi obtenu résulte de la déshydratation du carbinol et correspond à la formule centésimale $C^{17}H^{18}$.

Ce carbure décolore le brome et réduit lentement le permanganate de potassium à froid.

Action du chlorure de benzylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La réaction se passe toujours dans les mêmes conditions. Au moment ou l'on ajoute la triméthylacétophénone il y a réaction vive et l'on n'observe pas de précipité.

On décompose par l'eau après avoir chauffé pendant quelques heures ; on décante, on lave à l'eau acidulée, on chasse l'éther, on distille sous pression réduite. Il passe de 175° à 178° sous 11^{mm} un liquide épais, incolore dont l'odeur rappelle les dérivés benzylés.

L'analyse correspond bien au *pseudobutylphénylbenzylcarbinol,* auquel nous devions nous attendre,



Comme pour le diphénylpseudobutylcarbinol l'acide formique est sans action sur ce carbinol et l'acide oxalique sec n'arrive pas non plus à le déshydrater ; il perd cependant facilement de l'eau quand on le fait bouillir à la pression ordinaire.

On obtient ainsi, après fractionnement, un liquide passant de 164°-165° sous 11^{mm} dont l'analyse correspond à la formule $C^{18}H^{20}$.

Ce carbure ne décolore pas le brome et ne réduit pas le permanganate de potassium à froid. Nous en poursuivons l'étude.

Action de l'iodure de propylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La triméthylacétophénone réagit assez vivement sur l'iodure de propylmagnésium. Après décomposition par l'eau et traitement habituel on obtient un produit distillant de 114° à 115° sous 15^{mm} et cristallisant par refroidissement. On remarque tout d'abord que ce point d'ébullition est plus bas que le point d'ébullition du méthylpseudobutylphénylcarbinol. Il semblerait donc *a priori* peu probable qu'on se trouvât en présence du propylpseudobutylphénylcarbinol cherché. Les cristaux n'avaient pas de point de fusion très net; ils fondaient aux environs de 40°-42°. Traité par l'isocyanate de phényle ce produit donne une phénylurethane fondant à 109°-110° que nous avons pu identifier avec la phénylurethane du pseudobutylphénylcarbinol obtenu par réduction de la triméthylacétophénone par l'alcool et le sodium.

Le dérivé organomagnésien aurait donc agit dans ce cas comme réducteur. Des faits analogues ont été déjà signalés maintes fois dans la littérature; nous ne citerons que le cas du pseudobutylmagnésium qui réagit sur l'éther formique pour donner l'alcool triméthyléthylique [1].

Nous continuons l'étude du mécanisme de cette réaction ainsi que des propriétés des carbures obtenus par déshydratation des alcools déjà décrits et nous espérons bientôt établir la constitution de ces derniers composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'essence de criste-marine.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

J'ai poursuivi l'étude de l'essence de criste-marine, *Crithmum maritimum* L. Omb., sur un échantillon d'un peu plus de 1^{kg}. Après quatre séries de rectifications toutes faites sous pression réduite, j'ai obtenu quatre portions incomparablement plus fortes que les voisines, antérieures ou postérieures : 1° à 44° et 44°-46° sous 14^{mm}; 2° à 62°-64° sous 13^{mm}; 3° à 94°-96° sous 15^{mm} et 4° à 157°-158° sous 13^{mm}.

La dernière portion est l'apiol d'aneth précédemment identifié [2]. Les deux pre-

---

[1] Bouveault, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1108.

[2] M. Delépine, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 215.

mières répondent aux carbures que M. Borde [1] a signalés, mais non identifiés; la troisième est celle que je n'avais eue qu'en petite quantité lors de mes premières recherches et en vue de laquelle la nouvelle préparation d'essence fut tout particulièrement entreprise.

Les fractions 44° et 44°-46° sont du *d*-pinène et même du *d*-pinène très dextrogyre, $[\alpha]_D$ ayant atteint $+47°45'$; l'essence de pin d'Alep seule a fourni jusqu'ici un carbure plus actif [2]. J'ai trouvé d'autre part $d_4^0 = 0,8703$; $N_D^{14} = 1,46915$, et vérifié que le carbure avait les propriétés chimiques du *d*-pinène.

La portion 62°-64°, la plus abondante, possède une odeur suave de citron et de bergamote. C'est un mélange de dipentène ou *i*-limonène et de paracymène, contenant peut-être $\frac{1}{5}$ de ce dernier. Le dipentène a été caractérisé par transformation finale en nitrolpipéridine fusible à 152° et le cymène, par transformation en acides *p*-oxyisopropylbenzoïque fusible à 157° et *p*-toluique fusible à 177°. Ce dernier composé est sûrement l'acide cristallisé que Hérouard [3] avait obtenu par oxydation nitrique de l'essence et appelé *acide crithmique*.

La troisième portion bout à 210-214° sous la pression atmosphérique, possède les densités $d_4^0 = 0,9521$, $d_4^{14} = 0,9387$ et a une composition élémentaire fort voisine de $C^{11}H^{16}O$. Les constantes sont celles du thymate de méthyle

$$C^6H^3(CH^3)_{(1)}[CH(CH^3)^2]_{(4)}(OCH^3)_{(3)}.$$

Effectivement, le produit déméthylé par l'acide bromhydrique ($d = 1,48$), en milieu acétique suivant le procédé de M. Störmer [4], a fourni du thymol assez pur pour cristalliser dès la dilution de la liqueur déméthylante. Distillé et cristallisé dans l'éther de pétrole, ce thymol a été obtenu en magnifiques prismes limpides fusibles à 50°; sur 12g de ce phénol, il n'est guère resté qu'une goutte d'une huile colorée non cristallisable.

La troisième portion est donc constituée principalement par l'éther méthylique du thymol. Ce résultat est d'autant plus intéressant que c'est la première fois qu'on trouve un éther du thymol dans une essence et que le thymol ainsi que son isomère, le carvacrol, passaient jusqu'ici pour présenter cette singularité de se trouver toujours libres dans les essences, alors que les autres phénols sont plus rarement libres et presque toujours éthérifiés. Voilà une lacune comblée; l'essence de criste-marine que j'ai préparée contenait environ un dixième de la portion renfermant le thymate de méthyle.

---

(1) F. Borde, *Bull. Sciences pharmacologiques*, t. XVI, 1909, p. 393.

(2) Vèzes, *Bull. Soc. chim.* 4e série, t. V, 1909, p. 931. — Darmois, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 730.

(3) Hérouard, *J. Pharm. et Chim.*, 4e série, t. III, 1866, p. 324.

(4) R. Störmer, *D. chem. G.*, t. XLI, 1908, p. 321.

Mais cette portion contient évidemment quelques autres produits, car elle offre un léger pouvoir rotatoire dextrogyre (0°50′ environ) et un indice d'iode assez élevé. Malgré divers essais, je n'ai pu, par l'action de divers réactifs, y déceler que quelques dix-millièmes de deux phénols (par rapport à l'essence), des traces d'un éther d'acide gras à poids moléculaire élevé et un alcool à odeur de rose. Le pouvoir rotatoire et l'indice d'iode n'ont disparu que par un traitement au permanganate à 5 pour 100 à froid, sans que je n'aie d'ailleurs pu tirer aucun renseignement des produits issus de l'oxydation.

En résumé, l'essence de criste-marine contient sûrement du *d*-pinène, du paracymène, du dipentène, du thymate de méthyle et de l'apiol d'aneth (ou diméthoxy-2.3-méthylènedioxy-4.5-allyl-1-benzène). Il s'y trouve, en outre, quelques produits, entraînés surtout dans la portion contenant le thymate de méthyle, qui ne sauraient être caractérisés qu'avec plusieurs kilogrammes d'essence comme point de départ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chloroplatinates et periodures de di- et de triméthylamine; critique de leur emploi pour la séparation de ces bases.* Note de M. **J. Bertheaume**, présentée par M. Jungfleisch.

Si un certain nombre de procédés de séparation des amines primaires, secondaires et tertiaires ont été donnés qui permettent de séparer assez exactement de grosses quantités de ces amines (Hoffmann, Delépine), il n'existe point par contre de méthodes, parfaitement inattaquables, permettant d'opérer le dosage de ces bases mélangées, sur une quantité minime. Les discussions qui ont eu lieu entre M. Vincent et MM. Duvillier et Buisine [1] le démontrent largement. Cependant, il serait très désirable de posséder à cet égard une méthode rigoureuse, tant pour l'étude des produits industriels que pour la caractérisation des amines pures et leur recherche dans les liquides physiologiques. Nous nous proposons de rechercher un procédé exact de dosage des trois bases mélangées. Mais auparavant, nous passerons en revue quelques-unes des méthodes qui ont été données. La première que nous considérerons est celle de Bresler [2], pour la séparation de la di- et de la triméthylamine.

---

[1] Vincent, *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 214 et t. LXXXIX, p. 238 et 788. — Duvillier et Buisine, *Comptes rendus*, t. LXXXIX, 1879, p. 48 et 709.

[2] Bresler, *D. deut. Zucker*, 1900, nos 42 et 43, p. 1593 et 1627 et *Ann. Ch. anal.*, t. VI, 1901, p. 28 et 29.

Méthode de Bresler. — Bresler se base sur l'insolubilité du chloroplatinate de diméthylamine et la solubilité du chloroplatinate de triméthylamine dans l'alcool. Le sel platinique de la diméthylamine est recueilli et pesé, la triméthylamine est évaluée par différence.

Pour apprécier la valeur de cette méthode, j'ai déterminé la solubilité des chloroplatinates de di et triméthylamine dans l'alcool à différentes températures. Je suis parti de bases très pures, privées des dernières traces d'ammoniaque par le procédé François [1], à l'oxyde jaune de mercure. Leurs chloroplatinates, purifiés par cristallisation, avaient été séchés dans le vide sec. Les solubilités ont été déterminées à zéro.

Nous résumons les résultats obtenus dans le Tableau suivant :

A 0°, 100 *parties en poids dissolvent :*

	Alcool				
	absolu.	à 90°.	à 80°.	à 70°.	à 60°.
Chloroplatinate de diméthylamine.	0,0048	0,110	0,325	0,558	0,996
Chloroplatinate de triméthylamine.	0,0036	0,070	0,243	0,391	0,766

Comme on le voit, les solubilités des deux chloroplatinates sont peu différentes et subissent avec la dilution de l'alcool des variations sensiblement proportionnelles. Elles sont extrêmement faibles pour l'alcool absolu et les alcools de degré élevé. On ne peut donc les utiliser pour séparer les deux bases l'une de l'autre. D'ailleurs, en appliquant la méthode à des mélanges en proportions connues des bases très pures, je n'obtins pas de bons résultats.

On ne peut, de même, accorder plus de valeur à la méthode proposée par Eisenberg [2], pour la séparation de la triméthylamine à l'état de chloroplatinate, en présence des autres bases.

La deuxième méthode que nous envisagerons est celle de Weiss [3].

Méthode de Weiss. — Weiss propose de séparer de la manière suivante, dans un mélange commercial, la triméthylamine de la diméthylamine. Il précipite leur solution chlorhydrique par l'iode ioduré, traite la masse des cristaux obtenus par la lessive de soude froide, qui ramène le periodure de

---

(1) M. François, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 568.

(2) Eisenberg, *Deut. chem. Gesellschaft*, t. XIII, 1880, p. 1667, et *Bull. Soc. chim.*, t. LXXXVI, p. 75.

(3) Weiss, *Liebig's Ann. der Chem.*, t. CCLXVII, p. 258.

diméthylamine à l'état d'iodure jaune et dissout le periodure de triméthylamine; celui-ci est additionné d'une solution d'acide sulfureux et la base est dégagée à chaud de la liqueur alcaline. Au point de vue analytique, ce procédé n'est pas susceptible d'assurer une séparation rigoureuse des deux bases, en raison de la décomposition rapide de l'iodure jaune de diméthylamine, corps instable et mal défini. Il m'a paru intéressant, au contraire, de déterminer exactement les caractères de chacun des deux periodures, ainsi que leurs degrés de solubilité, pour en tirer parti, s'il y avait lieu, dans la suite.

Le periodure de diméthylamine, mal connu jusqu'ici et dont j'ai établi la formule, est un triiodure d'iodhydrate : $(CH^3)^2 Az.HI.I^3$. D'aspect huileux au-dessus de 15°, il cristallise, au-dessous de cette température, en tables hexagonales, dont l'angle du prisme est de 130°; très stables à l'air sec, elles fondent entre 83° et 85°. J'ai déterminé le degré d'insolubilité de ce periodure à zéro, en partant d'une solution à 15 pour 1000 de chlorhydrate dont j'abaissai progressivement le titre; il m'a fallu atteindre la dilution 1 pour 1000, pour ne plus avoir de précipitation. Quelques sels ($NaCl$, KCl, SO^4Mg) augmentent cette insolubilité, au point que l'on obtient encore des précipités avec des solutions d'une teneur égale à 1 pour 1000. Le chlorhydrate d'ammoniaque, au contraire, augmente la solubilité de ce periodure et rend non précipitables des solutions à 3 pour 1000 en chlorhydrate.

Le periodure de triméthylamine, $(CH^3)^3 Az.HI.I^3$, a été étudié surtout par M. Delépine [1]. Ses cristaux affectent la forme de tables hexagonales dont l'angle du prisme est de 127°. Ils fondent nettement à 65°.

J'ai effectué sur ce corps la même série d'essais que précédemment et constaté, après les auteurs qui s'en sont occupés, que son insolubilité était très grande. A 0°, j'ai pu obtenir directement dans une solution de chlorhydrate de triméthylamine au $\frac{1}{50000}$ des cristaux très nets que j'ai caractérisés par leur angles. Cette insolubilité est rendue extrême par $NaCl$, KCl, SO^4Mg et en particulier par le chlorhydrate d'ammoniaque à saturation, contrairement à ce qui a lieu pour la diméthylamine. On peut, à l'aide de ces sels, provoquer la précipitation du periodure dans des solutions au $\frac{1}{100000}$.

L'insolubilité du periodure de triméthylamine est donc extrêmement considérable, celle du periodure de diméthylamine est encore très grande, bien qu'à un degré moindre, fait qui semble avoir passé inaperçu jusqu'ici. Ces propriétés ne paraissent donc pas pouvoir être utilisées pour la séparation des deux bases mélangées en quantité massive, mais, au point de vue analytique, auquel nous nous plaçons ici, nous espérons montrer prochainement le parti que l'on peut en tirer.

---

[1] Delépine, *Thèse* de Pharmacien de 1re classe, 1896, p. 22

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur la formation des mélanines par oxydation diastasique.* Note de M. **H. Agulhon**, présentée par M. E. Roux.

J'ai observé antérieurement l'inactivité de l'acide borique vis-à-vis de l'action de la tyrosinase en dosant pondéralement la quantité de mélanines formées (¹). Récemment, M. Wolff a pu déceler à l'aide de la même méthode l'influence favorisante de petites doses de phosphate disodique (²). Il m'a paru intéressant d'essayer de mettre au point la question de l'influence de la réaction sur la formation oxydasique des mélanines.

Méthode de dosage des mélanines. — J'ai tout d'abord modifié la méthode exposée dans ma Thèse, pour la rendre d'une application moins longue. Après le temps d'action désiré de la tyrosinase sur la solution de tyrosine, on détruit la diastase par ébullition ou chauffage à l'autoclave (la présence de diastase active empêche la précipitation en bloc des mélanines). Après refroissement, on ajoute au liquide 5 pour 100 d'une solution de chlorure de calcium au dixième, puis quelques gouttes de lessive de soude. On agite et on laisse déposer. Au bout de quelques instants, on voit les mélanines se précipiter, sous l'influence à la fois du chlorure de calcium et du précipité de chaux qui agit par entraînement. On abandonne quelques heures et l'on filtre sur filtres tarés. On lave à l'acide chlorhydrique étendu qui dissout les matières minérales, puis à l'eau chaude. On sèche à poids constant et l'on pèse. La quantité de cendres du produit resté sur le filtre est négligeable.

Influence de la réaction. — Dans les expériences qui suivent, je faisais agir 2^{cm^3} de macération glycérinée de *Russula queleti* Fr. sur 100^{cm^3} ou 200^{cm^3} de tyrosine gauche ou racémique. Une première expérience a donné après 18 heures les chiffres suivants :

	Poids de mélanine dosée.
	mg
I. Témoin	33
II. Milieu neutre à la phtaléine	45,5
III. Milieu alcalin $\frac{N}{1000}$ à la phtaléine	67
IV. Milieu neutre à l'hélianthine	10,5
V. Milieu acide $\frac{N}{1000}$ à l'hélianthine	9

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1340 et *Thèse* Doct. Sc. nat. Paris, 1910.

(²) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 477.

On voit que, pour ces différents milieux plus ou moins saturés par la soude ou par l'acide sulfurique, la réaction à laquelle correspond le poids le plus élevé de produits d'oxydation insolubles est une certaine alcalinité à la phtaléine.

Action des acides forts. — J'ai étudié comparativement l'action des acides phosphorique et sulfurique. Pour un témoin donnant après 22 heures 16^{mg} de mélanine, on obtient seulement $11^{mg},5$ dans une solution $\frac{N}{2000}$ d'acide phosphorique, 8^{mg} dans une solution $\frac{N}{1000}$ du même acide et le même poids pour cette même concentration en acide sulfurique, $5^{mg},5$ dans une solution $\frac{N}{500}$ de ce dernier acide. Les acides sulfurique et phosphorique agissent donc comme empêchants et de façon équivalente pour une même concentration moléculaire.

Action des sels neutres à l'hélianthine. — J'ai noté antérieurement l'inactivité de l'acide borique. Le phosphate monosodique se comporte de même. Pour un témoin donnant 16^{mg} de mélanine, on obtient pour des concentrations en phosphate monosodique $\frac{N}{1000}$, $\frac{N}{500}$, $\frac{N}{100}$, respectivement $15^{mg},5$, $17^{mg},5$ et $14^{mg},5$.

Action des sels neutres à la phtaléine. — Le phosphate bisodique et le bicarbonate de sodium sont favorisants; l'optimum est assez élevé, compris entre les doses de $\frac{N}{200}$ et de $\frac{N}{100}$.

		Témoin : *o*.	Poids de mélanine dosée pour des concentrations $\frac{N}{500}$.	$\frac{N}{200}$.	$\frac{N}{100}$.	$\frac{N}{50}$.
		mg	mg	mg	mg	mg
Bicarbonate de Na...	I.....	26	59	»	»	»
	II.....	30,5	»	78	66,5	40
Phosphate bisodique.	I.....	10	34,5	»	»	»
	II.....	32	»	»	76	69

Action des sels alcalins à la phtaléine et des alcalis libres. — Le carbonate de sodium, le phosphate trisodique et la soude libre agissent d'abord comme favorisants, jusqu'à la concentration optima $\frac{N}{500}$ environ, puis sont nettement défavorables.

		Témoin : *o*.	Neutralité à la phtaléine.	Poids de mélanine dosée pour des concentrations $\frac{N}{1000}$.	$\frac{N}{500}$.	$\frac{N}{200}$.	$\frac{N}{100}$.	$\frac{N}{50}$.
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Soude...	I...	26	31,5	54	66	»	»	»
	II...	»	30	»	58	1,5	»	»
CO^3Na^2.	I...	32	»	»	59	»	12	6
	II...	28	»	»	63	x	»	»
PO^4Na^3.	I...	24,5	»	42	»	3,5	»	»
	II...	32	»	»	80	0	»	»

De cet ensemble d'expériences on peut tirer les conclusions suivantes : les acides forts diminuent les rendements en produits d'oxydation insolubles; les acides et sels neutres à l'hélianthine sont parfaitement inactifs; les sels neutres à la phtaléine et alcalins à l'hélianthine sont favorables à la formation de ces corps, même à des doses relativement élevées, leur optimum étant situé vers une concentration $\frac{N}{200}$; les sels alcalins à la phtaléine et la soude libre sont favorisants jusqu'à la dose optimum $\frac{N}{500}$, puis rapidement défavorables.

Le poids des produits d'oxydation insolubles peut-il réellement servir de mesure à la marche du phénomène d'oxydation diastasique? Les observations que j'ai pu faire au cours des expériences précédentes me portent à penser qu'il y a des différences entre les mélanines obtenues en milieu alcalin artificiel et celles obtenues dans les témoins : différence de coloration, différence dans les propriétés de coagulation, et surtout différence dans le rendement total en mélanine par rapport à la quantité de tyrosine attaquée : en présence de phosphate bisodique, par exemple, j'obtiens d'emblée 78 de mélanine pour 100 de tyrosine; en présence de bicarbonate, 76 pour 100; en présence du phosphate trisodique, 80 pour 100; or MM. G. Bertrand et Rosenblatt [1], oxydant à fond la tyrosine par la tyrosinase, sans modifier la réaction naturelle, n'ont jamais obtenu plus de 60 de mélanine pour 100 de tyrosine. Il ne semble donc pas, sauf démonstration expérimentale du contraire, que l'on puisse considérer les variations pondérales des produits mélaniques comme une mesure exacte du pouvoir oxydant, mais plutôt comme la résultante de certains modes d'action de la tyrosinase sur la tyrosine; l'analyse chimique des produits d'oxydation et la détermination des échanges gazeux pourraient seuls conduire à des résultats exempts de critique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Variation de la teneur en spartéine du genêt à balais suivant l'époque de la végétation.* Note de M. **J. Chevalier**, présentée par M. Armand Gautier.

Ayant eu l'occasion de constater des différences considérables de teneur en spartéine de genêts à balais de même provenance, nous avons cherché à

[1] Communication personnelle.

nous rendre compte des facteurs susceptibles d'amener ces variations et nous sommes arrivés à attribuer une influence prédominante à l'époque de la récolte de ces plantes.

Nos expériences ont été faites sur des genêts récoltés en Seine-et-Oise de mois en mois. Chaque expérience a porté sur 10^{kg} de plante sèche entière. Nous avons pratiqué l'extraction telle qu'elle s'opère dans l'industrie, et les chiffres ci-dessous sont ceux du sulfate de spartéine cristallisé

$$C^{15}H^{26}Az^2, SO^4H^2 + 5H^2O$$

obtenu par kilogramme de plante traitée par saturation de la solution éthérée de spartéine par SO^4H^2 à 25 pour 100. Nous avons trouvé :

	g
Janvier	4,02
Février	4,15
Mars	6,80
Avril	3,25
Mai	4,32
Juin	3,27
Juillet	3,00
Août	2,33
Septembre	3,58
Octobre	4,07
Novembre	4,75
Décembre	4,07

De cette série de dosages on peut conclure que la spartéine se produit rapidement pendant la première période de la végétation et qu'elle diminue brusquement au moment de la floraison et de la formation du fruit. Elle n'est que partiellement utilisée et se localise dans le fruit, qui, à maturité, renferme jusqu'à 11^g de spartéine par kilogramme.

A l'automne se fait une seconde accumulation, mais beaucoup moins importante que celle du printemps.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de plantes alpines aux basses altitudes dans le Valais central.* Note de M. **Léon Marret**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude des formations végétales dans les régions inférieures du Valais central m'a conduit à l'observation de quelques faits phytogéographiques et historiques que je vais résumer ici dans leur ensemble.

Dans ces formations, on constate la présence d'un grand nombre de plantes alpines, plus remarquables encore par le nombre d'individus de chacune des espèces représentées que par la variété de ces dernières.

Ces espèces appartiennent à deux catégories, les unes sont de transport récent et caractérisent surtout les glariers de la vallée, les autres d'origine historique se rencontrent exclusivement dans les formations steppiques ou garides valaisanes, situées entre 400^m et 600^m sur les collines bien exposées, principalement sur tout le versant méridional des Alpes Bernoises.

Parmi ces dernières espèces, les unes sont extrêmement abondantes dans ces formations, ce sont : *Globularia cordifolia* L., *Sempervirum arachnoideum* L., *var. tomentosum Schnittsp.*, *Saxifraga aizoon* L. La première est d'origine méditerranéenne montagnarde, la seconde par sa variété est caractéristique des climats steppiques, enfin le *Saxifraga aizoon* appartient au groupe des *Enaizoon* d'Engler possédant dans son ensemble une dispersion méridionale. On conçoit donc que ces espèces soient, en conséquence, plus particulièrement adaptées à un climat à tendance steppique comme celui du Valais central. Ce climat est en effet caractérisé : 1° par sa grande intensité lumineuse, résultant d'une pureté du ciel remarquable sous cette latitude surtout dans l'Europe occidentale, renforcée encore par la réverbération du sol généralement rocailleux; 2° par sa sécheresse; les pluies y sont en effet sinon fort rares, du moins de courte durée, tantôt peu abondantes et ne pénétrant pas le sol profondément, ou au contraire en trombes brèves qui ravinent le sol laissant s'échapper l'eau trop rapidement. Les rosées et le givre y sont presque inconnus, de même que les brouillards. De plus, les courants d'air fréquents autant que violents remontent la vallée et activent l'évaporation ainsi d'ailleurs que le rayonnement intense des nuits presque toujours sereines.

Ces conditions climatiques expliquent les modifications que présentent dans leur structure les *Primula viscosa* Vill. (*hirsuta* All.), *Saxifraga exarata* Vill., et *Draba aizoides* L., d'origine évidemment très ancienne, qui végètent avec une incroyable exubérance dans une station steppique entre Vernayaz et Martigny sur une dizaine de kilomètres. Les pieds de cette station, comparés aux individus alpins de ces mêmes espèces, présentent les caractères suivants :

Feuilles plus épaisses, surtout plus visqueuses (*Primula viscosa*, *Saxifraga exarata*), inflorescence beaucoup plus fournie, fleurs plus grandes et d'un coloris beaucoup plus accentué, énorme développement des organes souterrains.

En dehors de ces six espèces, qui possèdent en Valais deux centres d'extension bien distincts, *l'Oxytropis Halleri* Bunge *var. velutina* Sieb. apparaît par contre dans la région alpine comme sur un terrain conquis plus récemment. En effet, cette espèce

possède en Valais non seulement les caractères morphologiques précédemment cités, mais encore un épais feutrage (comme *Sempervirum tomentosum*). Ces caractères se maintiennent dans les stations alpines (à l'encontre des espèces précédemment citées); de plus, ces dernières, clairsemées et se rencontrant surtout dans les Alpes Pennines orientales, sont toutes en étroite relation avec les stations inférieures par des étapes que l'on peut nettement établir. La très petite station isolée du Mont Fully (1900^{m} à 2100^{m}), qui semble faire exception à la règle et qui, de plus, est l'unique station de la plante dans la Chaîne Bernoise, peut fort bien provenir de la région inférieure par l'intermédiaire de la Joux Brûlée, station steppique située à 1500^{m}, et qu'atteignent aisément les plantes de la région inférieure. Cette extension de bas en haut de l'*Oxytropis Halleri* semble en quelque sorte confirmée par l'allure analogue d'une plante compagne nullement alpine, l'*Astragalus exscapus* L., dont la présence dans la région alpine est beaucoup plus récente. Ces deux plantes ont bien certainement la même origine historique, l'*Oxytropis* appartenant aux basses régions steppiques de l'Altaï, et l'*Astragalus* aux steppes de la Hongrie et de l'Ukraine.

Si d'autre part, on recherche à quelles causes on peut rattacher l'origine de ces différentes espèces dans les régions inférieures, il m'apparaît nécessaire de remonter aux phases climatiques postérieures à la dernière période glaciaire, phases chaudes et sèches alternant avec des périodes de refroidissement et d'humidité, séparées les unes des autres par des phases plus courtes de transition. La pluralité de ces phases constitue la période dite *xérothermique* ou *steppique postglaciaire*, période qui, selon moi, n'a pas eu l'unité d'action bien définie que lui attribuent encore certains auteurs.

Ce sont ces phases, moins importantes naturellement que celles du système glaciaire proprement dit, qui durent, par un jeu alternatif d'influences contraires progressivement décroissantes, mêler tour à tour les plantes alpines aux plantes steppiques et réciproquement. De ces migrations successives, certains vestiges subsistent encore de nos jours dans les régions inférieures du Valais central, les uns plus nombreux possédant deux centres d'extension distincts, alors que, plus atteint sans doute par ces alternances climatiques, et possédant d'autre part plus d'affinités avec les espèces steppiques, l'*Oxytropis Halleri* aurait à un certain moment perdu son centre alpin qu'il reconquiert peu à peu.

BOTANIQUE. — *L'Ambrosia du* Tomicus dispar. Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On comprend, sous le nom général d'*Ambrosia*, des champignons de diverses espèces qui tapissent les cavités des galles produites par les

Asphondylia, ou les galeries que creusent dans l'intérieur du bois certains insectes xylophages dont la plupart appartiennent au groupe des Scolytides. L'espèce de champignon est déterminée et constante suivant la nature spécifique de l'insecte.

La connaissance d'un revêtement intérieur des galeries des Scolytides est déjà ancienne; Schmidberger le signalait dès 1836, mais sans reconnaître sa véritable nature; il voyait là une substance albuminoïde concrétée provenant des sucs de l'arbre; Hartig, en 1844, en reconnaît la nature mycotique, et en fait, à tort, un *Monilia*. Il faut arriver à ces dernières années pour trouver, avec les travaux de Hubbard (1897), et surtout de Neger (1908 et 1909), une étude rationnelle sur ce sujet. Nous donnerons ailleurs une mise au point détaillée de la question des champignons Ambrosia avec les résultats, éclairés de nombreuses figures, de nos propres recherches; mais nous voulons, dès aujourd'hui, indiquer brièvement ceux-ci à la suite des principales conclusions des auteurs.

Neger a montré que, dans les galles d'*Asphondylia*, l'insecte se nourrit du champignon Ambrosia et il a établi par quelle adaptation ce dernier puise sa propre nourriture dans les tissus de l'hôte; il a enfin déterminé la nature spécifique de ces divers champignons qu'il faut rattacher au genre *Macrophoma*.

Les champignons Ambrosia des galeries d'insectes xylophages ont pour ces derniers l'utilité de drainer dans le bois un aliment parcimonieusement réparti, surtout au point de vue des matières azotées, et de le mettre à la portée des larves sous la forme d'une sorte de gazon mycotique sur lequel elles reposent. Ces insectes à Ambrosia creusent leurs galeries seulement dans les bois assez frais et dans l'aubier, car, dans ces conditions seulement, le champignon trouvera l'eau et les aliments nécessaires à son développement. Il rencontre encore dans les galeries une circonstance très favorable : l'aération utile à ses exigences d'aérobie. Cette aération a, d'autre part, pour conséquence d'entraîner une contamination assez fréquente du *gazon de champignon* par des *mauvaises herbes*, autrement dit par des impuretés diverses dont les plus répandues sont des *Ceratostomella* (Hubbard, Neger) et des levures (Neger et nous-même). On peut dire, malgré cela, que ces *cultures* des galeries de Scolytides, établies sur le milieu naturellement stérile qu'est l'intérieur du bois, constituent des cultures pures. Il est remarquable, à ce propos, que l'insecte ne fait jamais traverser à ses galeries une région où le bois est préalablement altéré ou contaminé.

Certaines questions importantes que comporte cette étude ne sont

pas encore nettement éclaircies, ce sont notamment les deux suivantes :

1° De quelle façon les champignons des Ambrosia sont-ils ensemencés dans les galeries? 2° Quelle est leur identité spécifique?

Nous ne traiterons pas ici de la première question, mais seulement de la seconde qui a fait le principal objet de nos recherches à propos du champignon Ambrosia des galeries de *Tomicus dispar*. Nous avons étudié ce dernier à l'occasion de nombreux matériaux reçus de certaine région de la vallée du Rhône où l'insecte fait depuis quelques années sur les arbres fruitiers des ravages dont nous avons signalé la gravité (1).

Disons, tout d'abord, que les auteurs qui se sont efforcés de déterminer l'espèce de champignon qui constitue l'Ambrosia des galeries de *Tomicus* n'ont pu aboutir à un résultat; nous n'arrivons nous-même qu'à une conclusion hypothétique. Voici les faits nouveaux que nous avons obtenus :

1° Nous avons trouvé, sous le stroma qui supporte les cellules en files caractériques de l'Ambrosia, entre lui et le bois, des massifs de cellules levures. Ces levures étaient constantes dans nos échantillons, provenant tous, il est vrai, d'une même origine. Lorsqu'elles faisaient défaut nous trouvions toujours alors des sortes de kystes arrondis dans les cellules des rayons médullaires. Ces kystes correspondent à un état particulier du champignon qui produit la levure, comme nous a permis de l'établir la méthode des cultures pures.

Les cultures nous ont montré (caractères morphologiques et cytologiques) que les cellules levures appartiennent à un *Dematium*. Celui-ci n'est peut-être qu'une simple impureté de l'Ambrosia, mais son abondance et sa fréquence le rendent intéressant presque au même titre que ce dernier.

2° Le stroma s'est creusé, après quelques mois, de très nombreuses cavités ressemblant à des conceptacles, mais ils n'ont évolué ni en pycnides ni en périthèces ; après plus de 5 mois ils étaient encore vides.

En culture sur milieux artificiels nous avons obtenu à la fois les formes de l'Ambrosia proprement dit et le Dematium.

Il ne nous semble pas interdit d'envisager l'hypothèse de la continuité des deux formes Ambrosia et Dematium qui ne constitueraient qu'un seul et même champignon ; nous donnerons ailleurs les arguments qui militent dans ce sens. Toutefois l'explication suivante nous paraît moins sujette à caution.

---

(1) *Sur une maladie des pêchers dans la vallée du Rhône* (*L'Horticulture nouvelle*. Lyon, 1909).

Les Ambrosia de certaines galles présentent avec ceux des galeries du *Tomicus dispar* de grandes similitudes au point de vue morphologique. C'est ainsi que dans les deux cas, il existe, du côté de la cavité, des files de cellules globuleuses identiques. Neger a, en outre, montré que l'Ambrosia des *Asphondylia* produit des conceptacles qui tantôt restent vides, tantôt évoluent en pycnides de *Macrophoma*. Étant donnés ces faits, il nous semble que l'on puisse admettre, par analogie, que les conceptacles restés vides que nous avons vu se former en grande quantité dans le stroma de l'Ambrosia du *Tomicus* sont des pycnides non évolnées d'un *Macrophoma* et que cet Ambrosia doit être rattaché à ce genre de *Funghi imperfecti*.

Une longue adaptation à des conditions de vie tout à fait spéciales a pu faire perdre au champignon la faculté de conduire à évolution complète ses appareils reproducteurs.

BOTANIQUE. — *Sur l'absorption du baryum par les plantes.* Note de MM. **H. Colin** et **J. de Rufz**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La pénétration du baryum dans les plantes n'a été, jusqu'à présent, l'objet que d'un petit nombre de recherches. Dworzak (1), en 1874, trouve, dans le blé des alluvions barytiques du Nil, de très petites quantités de baryum localisées principalement dans les feuilles. En 1899, Hornberger (2), à la suite de Scheele et de Eckard, constate la présence du baryum, à l'état de SO^4Ba, dans les cendres du hêtre végétant en sol barytique. Enfin, plus récemment, Demoussy (3), étudiant l'absorption des azotates sur le colza cultivé en solution, voit les plantes végétant dans une solution de $(NO^3)^2Ba$, perdre leurs feuilles et attribue ce phénomène à la pénétration d'une légère quantité de baryum jusqu'au niveau des feuilles.

Knop (4) avait déjà signalé la toxicité du baryum et son incapacité à remplacer le calcium dans les cultures.

Nous avons repris la question de l'absorption du baryum en opérant sur diverses plantes, pois, maïs, haricot, cultivées en solution diluée d'azotate ou de chlorure de baryum.

---

(1) H. Dworzak, *Landw. Versuchstat.*, Bd. XVII, 1874, p. 398.
(2) Hornberger, *Landw. Versuchstat.*, Bd. LI, 1899, p. 473.
(3) Demoussy, *Ann. agron.*, t. XXV, p. 529.
(4) Knop, *Landw. Versuchstat.*, Bd. VIII, 1866, p. 143.

Les pois sont mis à germer dans l'eau distillée et transportés dans la solution barytique dès que la racine a pris un développement convenable. Après avoir expérimenté diverses concentrations, nous nous sommes arrêtés à celle de 0,125 pour 1000. Dans ces conditions, le développement n'est pas sensiblement entravé, ainsi qu'en témoigne la turgescence des racines, dont l'extrémité se flétrit, au contraire, pour une concentration atteignant 0,250 pour 1000.

Les pois, ainsi cultivés, renferment du baryum : nous l'avons mis en évidence par des dosages effectués sur la plante totale.

Après un séjour d'une quinzaine dans la solution, les pois sont lavés, jusqu'à ce que les eaux de lavage, concentrées, ne présentent plus trace de précipité par SO^4H^2; on dessèche, calcine au moufle; le baryum est dosé dans les cendres à l'état de SO^4Ba.

Le baryum est-il réparti uniformément à l'intérieur des tissus ; en particulier, la tige en contient-elle autant que la racine? Dans de semblables recherches relatives à l'absorption ou à la toxicité, les auteurs se sont bornés à effectuer les dosages sur la plante entière. Nous sommes arrivés, par deux méthodes différentes, examen microchimique et dosage, à cette conclusion que la presque totalité du baryum se trouve localisée dans la racine.

Pour la recherche microchimique, cinq ou six coupes sont placées sur un porte-objet; on dépose une goutte de SO^4H^2 à 66°, on chauffe jusqu'à destruction des coupes, on recouvre d'une lamelle ; après quelques heures, on observe, au microscope, les cristallites en forme d'X, caractéristiques du baryum.

Les coupes pratiquées dans la racine donnent toujours et abondamment la réaction indiquée ; on n'obtient, au contraire, avec les coupes de tige, que quelques croix très rares.

Les dosages confirment ces recherches qualitatives; voici les données numériques relatives à une expérience (d'autres, en grand nombre, ont constamment fourni des résultats semblables) :

	Poids sec.	Cendres.	SO^4Ba.
Racine.....	$0^g,930$	0,146	0,015
Tige.....	$2^g,640$	0,173	Un louche

Il était intéressant de se demander si la localisation à peu près exclusive du baryum dans la racine n'entraînait pas quelques particularités, observables au microscope, qui ne se retrouveraient ni dans la tige, ni dans les racines exemptes de baryum. Nous avons constaté, en effet, sur les coupes de racines renfermant du baryum, la présence constante, dans le *péricycle*, de granulations abondantes, remplissant les cavités cellulaires, au point de

communiquer au péricycle, sur toute son étendue, une teinte sombre. Rien de semblable ne s'observe dans la tige et les racines normales.

Comment la présence de ces granulations est-elle corrélative de la teneur en baryum? Leur nature barytique semble indiquée par l'expérience suivante. On pratique, sur le pois, la décortication de la racine; la plus légère traction suffit à séparer les tissus au niveau des cadres subérisés de l'endoderme; on effectue sur l'écorce et sur le cylindre central la réaction microchimique à l'acide sulfurique; le résultat est négatif avec l'écorce; les cristaux typiques de SO^4Ba sont abondants avec le cylindre central.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Stérilisation de grandes quantités d'eau au moyen des rayons ultraviolets.* Note de M. **Gabriel Vallet**, présentée par M. A. Chauveau.

Les présentes recherches ont eu pour but de déterminer quelle est, au point de vue du débit en eau stérilisée, la limite de puissance d'une lampe donnée, en la plaçant dans des conditions de rendement aussi parfaites que possible.

J'ai utilisé successivement deux lampes en quartz aux vapeurs de mercure: l'une de 220 volts, longue de 30^{cm} (fournie par une maison de Paris); l'autre de 110 volts, à double manteau de quartz, dont le brûleur mesure 6^{cm} de longueur (fournie par la Quartzlampen Gesellschaft). A tous les points de vue, cette dernière s'est montrée supérieure, et les résultats qui suivent la concernent seule.

La lampe était immergée dans un récipient clos, rempli et traversé par l'eau sous pression de la canalisation de Montpellier.

Cette eau, souillée d'une façon fréquente, contenait 1000 colibacilles par litre pendant les expériences et fertilisait le bouillon en 24 heures au $\frac{1}{50}$ de goutte; à cause du trouble qu'elle présentait, elle a dû être clarifiée au moyen d'un dispositif spécial avant son arrivée dans l'appareil.

Il résulte des expériences faites qu'il est possible, avec une seule lampe de 110 volts, de stériliser une eau très polluée, sous un débit voisin de 10^{m^3} à l'heure, en réalisant les conditions suivantes :

1° Donner préalablement une limpidité parfaite à l'eau;

2° Amener l'eau dans l'appareil de telle façon que les masses nouvelles arrivent bien progressivement au contact du brûleur;

3° Proportionner la capacité du récipient au débit, de manière que chaque

molécule d'eau reste illuminée, pendant au moins une minute, dans la limite de la portée utile des rayons;

4° Recueillir l'eau, pour la conduire au dehors, dans la couche qui entoure immédiatement le brûleur.

Je me suis efforcé de réunir ces conditions dans l'appareil qui a servi aux expériences.

La stérilisation a toujours été complète avec un débit de 5^{m^3} à l'heure; la mise en culture de quantités d'eau notables (500^{cm^3} d'eau répartis dans des ballons avec une égale proportion de bouillon) restait absolument stérile. Avec des débits variant entre 5000^l et 9200^l, quantité maximum que fournissait la prise d'eau, les résultats ont été inconstants; tantôt la stérilisation était complète, tantôt un ballon ou deux cultivaient, quelquefois tardivement. On peut attribuer ces accidents partiels au trouble primitif de l'eau qu'une clarification, forcément incomplète pour une si grande quantité dans une installation de laboratoire, ne parvenait pas toujours à dissiper complètement. Pendant la période des pluies notamment, l'eau contenait toujours en suspension, après filtration rapide, de fines particules d'argile visibles seulement sous une grande épaisseur et à la faveur de l'éclairage du brûleur. Malgré cela le colibacille a toujours été détruit et même la stérilisation complète de l'eau, encore un peu louche, a pu être obtenue, mais en diminuant alors le débit dans les limites convenables.

Avec une clarification parfaite, on peut prévoir que le débit de 10^{m^3} à l'heure serait dépassé.

La consommation de la lampe à double manteau de quartz a été, au cours des expériences, de 4 hectowatts-heure.

Cette faible consommation, jointe à la simplicité de l'installation et à la quantité d'eau assez considérable qu'une seule lampe peut stériliser, font donc espérer qu'on pourra prochainement appliquer l'action des rayons ultraviolets à l'épuration en grand de l'eau des villes, mais à condition d'avoir au préalable clarifié l'eau d'une manière parfaite.

ZOOLOGIE. — *La partie abdominale du grand sympathique chez les Sauriens.* Note de M. E. **Sauvage**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le plexus mésentérique formé par l'union de filets du pneumogastrique et du grand lymphatique est, chez *Lézard ocellé*, constitué par des rameaux partant des 9e, 10e, 11e, 12e et 13e ganglions vertébraux du côté gauche; ces rameaux passent entre les feuillets du mésentère et se rendent à des ganglions situés à l'origine des vaisseaux mésentériques, qu'ils accompa-

gnent; ces filets remontent le long de la partie pylorique de l'estomac et s'y distribuent; ces filets reçoivent directement quelques rameaux venant du 9e ganglion du sympathique.

Deux petits ganglions forment un plexus qui donne des filets fort ténus qui s'accolent aux vaisseaux se rendant à la rate et pénètrent avec eux dans cet organe. Chez *Platydactylus guttatus* un filet de ce plexus se rend à l'épididyme.

Le plexus mésentérique est moins développé chez *Caméléon vulgaris* et chez *Platydactylus guttatus* que chez *Lézard ocellé;* il est au contraire formé d'un plus grand nombre de ganglions chez *Salvator Meriamœ*, *Zonure géant*, *Stellion vulgaris*, *Varan du désert*, chez lequel les ganglions sont gros, tandis qu'ils sont petits chez la première de ces espèces.

Du côté droit des 8e, 9e et 10e ganglions vertébraux partent des rameaux qui accompagnent les vaisseaux hépatiques et se rendent dans le foie : chez *Lézard ocellé*, ces branches sont au nombre de trois, présentent, la moyenne et la postérieure, un petit ganglion d'où partent plusieurs rameaux.

Le plexus ovarien et le plexus testiculaire sont bien développés chez *Zonure géant;* il en est de même pour le dernier de ces plexus chez *Salvator Meriamœ* et chez un iguanien *Papaya orbicularis*.

Le plexus génital donne des filets au plexus crural et forme, en se terminant, un plexus hémorroïdal (*Varan du désert*) qui donne des filets à la partie terminale du tube digestif et au cloaque. Chez *Stellion vulgaris*, on voit à la partie terminale du tube digestif un ganglion un peu plus gros de forme ovalaire d'où partent des filets s'anastomosant avec le plexus crural : ce ganglion donne aussi un filet se rendant à l'oviduc ou au canal déférent. Chez *Caméléon vulgaris*, au niveau des vertèbres sacrées, un filet s'anastomose avec celui du côté opposé entourant les vaisseaux hémorroïdaux.

Chez *Varan du désert*, au niveau de l'extrémité pylorique de l'estomac, la chaîne du grand sympathique se sépare de l'aorte, se portant un peu à droite, et fournit des filets au testicule ou à l'ovaire, et au plexus crural se terminant au plexus hémorroïdal.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'éruption de l'Etna du* 28 *mars* 1910. Note de M. **A. Riccò**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans la journée du 22 mars, les sismographes de l'Observatoire de Catane ont enregistré quelques petites secousses. Depuis les premières heures du 23, jusqu'à 8^h du matin, une vingtaine de faibles mouvements ont été constatés, dont le plus important a eu lieu à 2^h55^m (temps de

l'Europe centrale). Ces secousses ont été exclusivement instrumentales et rien d'anormal n'a été observé sur le volcan, bien que l'Observatoire de l'Etna ait été bouleversé par les secousses, sans subir cependant de dommages importants.

A $8^h 15^m$, on a vu surgir des brouillards au-dessus du Piano del Lago un mince panache de fumée, ayant la forme caractéristique du pin éruptif; c'était le signal d'une nouvelle éruption.

En effet, une fente s'était ouverte entre le Monte Castello et la Montagnola, entre les altitudes de 1950^m et de 2300^m, avec une direction Sud-Sud-Ouest Nord-Nord-Est; elle se prolongeait vers le Nord, sur le Piano del Lago, par deux grandes fractures principales.

Sur la fente éruptive, quinze à vingt bouches ont commencé à lancer des bombes, des lapilli et des vapeurs. Une petite coulée est sortie tout d'abord des bouches supérieures, mais elle n'a parcouru que 2^{km}, dans la direction Nord-Sud, parce que le flux principal de la lave s'était établi, selon la loi hydrostatique, aux bouches inférieures, près du pied sud du Monte Castellazo. De ces bouches la lave coulait en plusieurs branches, qui ne tardaient pas à se réunir en un magnifique fleuve de feu, dont la vitesse était d'environ 6^m par seconde près des bouches et de 3^m plus bas.

La lave arrivait bientôt à l'est du Monte Faggi; ne trouvant entre celui-ci et la première coulée de l'éruption de 1892 qu'un passage très étroit, elle s'accumulait pour former ensuite une superbe cascade incandescente, large d'environ 10^m, haute de 20^m. Le courant a gagné ensuite le pied oriental du Monte Sona, puis la gorge située entre le Monte San-Leo et le Monte Rinazzi, ne mettant que 7 heures 30 minutes pour effectuer 5^{km}; sa vitesse moyenne était, par suite, d'environ 700^m à l'heure.

Les jours suivants, les laves ont continué à s'avancer vers le Sud, mais avec une vitesse moindre. La coulée s'est élargie et s'est partagée en plusieurs branches, dont la plus longue s'est arrêtée avant la *Cisterna della Regina*, à environ 10^{km} des bouches inférieures; une branche moins longue s'est arrêtée le 10 avril.

Les cratères supérieurs ont émis des lapilli et des cendres, mais en quantité très modérée et avec une faible quantité de produits gazeux, parmi lesquels il y avait peu de vapeur d'eau. Aussi, les détonations n'ont-elles été qu'intermittentes et d'une intensité médiocre; ce n'est que le 25 mars qu'il s'en est produit d'assez fortes pour faire trembler les vitres à Catane.

La cascade de lave du Monte Faggi s'est consolidée le 4 avril, les coulées inférieures se sont arrêtées le 10; les laves supérieures ont continué à

ravager les campagnes jusque vers le 20 avril, mais aujourd'hui leur marche est insignifiante et l'on ne voit plus d'incandescence dans les laves des bouches effusives.

Je rappellerai que, lors de l'éruption de 1883, le versant méridional de l'Etna a été déchiré par une fente radiale (constatée par MM. Silvestri et Arcidiacono), qui allait en serpentant du cratère central à ceux qui venaient de s'ouvrir. Elle se bifurquait ensuite. Une branche était dirigée vers le Monte Segreta et l'autre vers Monte Fusara et les Monti Rossi, cratères de l'éruption de 1669. Les appareils éruptifs de 1886, de 1892 et le milieu de celui de l'éruption actuelle sont tous sur les traces de cette fente.

Dès lors, on comprend que les laves d'une éruption, avec leur tendance à descendre, soudent et recouvrent la partie inférieure de la fente radiale, en laissant ouverte la partie supérieure, qui, par suite, présente une voie plus facile pour l'éruption suivante. Celle-ci, dès lors, aura une tendance à se produire au-dessus du point de sortie de l'éruption précédente. Cela a eu lieu ainsi pour les quatre dernières éruptions de l'Etna rappelées plus haut :

Éruption de	1883	1050^{m}
»	1886	1450
»	1892	1850
»	1910	2125

La différence de chacune de ces altitudes est de 400^{m} pour les deux premières et de 275^{m} pour la dernière.

Je n'ai considéré ici ni l'éruption centrale de 1899, qui appartient à un autre type, ni celle de 1908, qui a été avortée, probablement parce qu'elle n'a pas trouvé un passage préparé par une fente précédente. On sait qu'elle n'a duré qu'un jour [1].

On pourrait remarquer que peut-être l'éruption de 1889 n'a fait que rouvrir une fente préexistante, celle de l'éruption de 1669; j'ai fait voir d'ailleurs, par une statistique de la position des cratères secondaires de l'Etna, que leur nombre maximum se trouve dans la direction radiale Sud-Sud-Est.

Il paraît plus difficile de trouver une relation entre l'éruption actuelle et

---

[1] A. Lacroix, *Comptes rendus*, 25 mai et 12 juin 1908, et A. Riccò, *Bull. Accad. Gioenia Sc. nat. Catania*, 1908.

celle de 1908, car la direction de leurs fractures font entre elles un angle de 45°, et jusqu'à présent on n'a pas trouvé sur le terrain de trace de la continuation de l'une dans l'autre. Néanmoins, il faut remarquer que dans chacune de ces éruptions, le Piano del Lago a été fissuré; les fentes principales de 1910 sont dirigées au Nord jusqu'au pied oriental du Monte Frumento, comme en 1883. S'il y a des fissures joignant les deux appareils éruptifs, elles auront sans doute une allure très irrégulière, à cause de la complexité de la constitution de la partie haute du Val del Bove et elles seront difficiles à reconnaître, car cette région du volcan est d'un abord peu accessible.

Il y a lieu de remarquer enfin qu'au cours de l'éruption de 1910 les cratères de 1908 n'ont présenté aucune trace d'activité.

GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution de l'hydrographie quaternaire dans la région de Constantine (Algérie).* Note de M. **L. Joleaud**, présentée par M. A. Lacroix.

L'Atlas tellien est constitué par une série de plis plus ou moins parallèles et de direction sensiblement oblique au rivage de la Méditerranée, qui paraissent avoir déterminé, dès l'Oligocène supérieur, la formation dans leurs intervalles d'un certain nombre de *bassins fermés*. Il ne semble pas que la grande transgression marine, qui se produisit au Miocène, ait modifié considérablement le relief du pays, car au Pontien, au Plaisancien, à l'Astien, des lacs lagunaires et des lacs d'eau douce occupaient toujours nombre de bas-fonds de l'Algérie intérieure et, un peu partout, il s'y formait des dépôts d'allure à peu près identique. La disposition des sédiments ultérieurs, siciliens, pléistocènes et néopléistocènes, varie, par contre, suivant qu'ils sont plus ou moins éloignés de la côte.

Aux environs de Constantine, dans la basse vallée du Bou Merzoug, nous avons observé six niveaux d'alluvions vers les altitudes relatives de 15^m-20^m, 30^m, 50^m-60^m, 100^m, 150^m, 200^m [1] et, sur les plateaux d'Aïn el Bey et du Mansoura, la nappe de 200^m est directement superposée à des travertins, sables et argiles avec faune de Mammifères caractéristique du Sicilien ancien, *Elephas meridionalis* Nesti, *Hippopotamus amphibius* L. var. *major* Cuv., *Equus Stenonis* Cocchi, etc. Il s'ensuit que *le creusement de la vallée près de Constantine est postérieur aux dépôts du niveau de* 200^m.

---

[1] M. le général de Lamothe a reconnu également six niveaux de terrasses à ces mêmes altitudes relatives dans le bassin de l'Isser.

Dans la moyenne vallée du Bou Merzoug, au voisinage d'Ouled Rahmoun, les travertins et les sables du Sicilien ancien, qui ne dominent plus le lit du cours d'eau que de 100^{m} environ, sont ravinés par des terrasses se montrant les unes vers 50^{m}, les autres vers 30^{m} et vers 15^{m}-20^{m} au-dessus de la rivière actuelle. *Dans la partie méridionale des monts de Constantine, le creusement des vallées a donc dû commencer un peu avant la phase de sédimentation des cailloutis de* 50^{m}.

Dans la zone limitrophe des monts de Constantine et des hautes plaines des Ouled Abd en Nour, particulièrement dans la moyenne vallée du Bou Merzoug, autour d'El Guerra, nous avons vu les travertins et les sables siciliens diminuer très sensiblement d'altitude par rapport au niveau des eaux actuelles, au-dessus desquelles ils ne s'élèvent guère que de 30^{m} environ. Les fermes du Gourzi sont installées sur la terrasse de 15^{m}-20^{m}, la seule qui paraisse exister. *Le creusement de la vallée aurait donc commencé, ici, un peu avant le dépôt de la terrasse de* 15^{m}-20^{m}.

Enfin, dans l'extrême nord des Hautes Plaines, entre Oued Seguin et Telergma, par exemple, le Sicilien et le Pléistocène, qui occupent de larges surfaces doucement inclinées, présentent une série d'assises superposées dans leur ordre de formation : ainsi, au-dessus des argiles du Pléistocène ancien à *Equus* cf. *Burchelli* Gray, *Bubalus antiquus* Dur., viennent d'autres argiles renfermant des restes de l'industrie moustérienne (¹) (Pléistocène moyen). Tout cet ensemble argileux est raviné par l'Oued Seguin. *Dans la partie nord des Hautes Plaines, le creusement des vallées actuelles daterait donc seulement du début du Néopléistocène.*

Ces observations indiquent que les anciens bassins fermés de la région envisagée ont été successivement captés par des cours d'eau tributaires de la Méditerranée, et à des époques d'autant plus récentes que lesdits bassins étaient plus éloignés du littoral. Ces captures se sont accomplies très probablement lors des grands mouvements négatifs de la mer (²), au Néopléistocène ancien dans le nord des Hautes Plaines, au Pléistocène moyen dans la zone limitrophe des Hautes Plaines et des monts de Constantine, au Sicilien récent dans la partie méridionale des monts de Constantine, au Sicilien moyen dans les environs immédiats de cette ville (³).

Et cette évolution se continue à l'heure actuelle. Dans les Hautes Plaines, au sud de la tête du Bou Merzoug, on rencontre d'abord les *bassins mi-fermés* du chott Tinecilt et de la sebka ez Zmoul, puis, plus à l'intérieur,

---

(¹) Thomas, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. III, n° 2, 1884, p. 36.

(²) Boule, *Les grottes de Grimaldi*, t. II, 1906. — L. Joleaud, *Les terrains quaternaires de la plaine du Comtat*, 1910.

(³) Suivant les observations de Ville, Pomel, de MM. Ficheur et Brives, la vallée de l'Oued Harrach a été creusée à 200^{m} au-dessous du lit actuel et une large plateforme côtière a été émergée autrefois au nord de la Bouzaréa et sur l'emplacement d'une partie du golfe de Gabès.

les *bassins encore complètement fermés* de la sebka Djendeli et des Gueraa. Les premiers reçoivent une partie des eaux du revers nord-ouest de l'Aures (¹) et, en cas de crue excessive, ces eaux effluent vers le Bou Merzoug (²).

HYDROLOGIE. — *Recherches sur l'ionisation de la source chaude des thermes d'Hammam-Salahin, près de Biskra.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Edmond Perrier.

Pendant un séjour dans le Sud-Algérien pour y remplir une mission scientifique, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir étudier l'ionisation et la radioactivité de l'eau de la fontaine chaude d'Hammam-Salahin.

Cette source est située à 6^{km} au nord de Biskra, au pied des derniers contreforts des monts Atlas.

Son débit est de 1500^{l} à la minute et sa température au griffon est de 46° C.

A son point d'émergence elle présente une belle teinte bleu foncé; sa limpidité est grande en temps habituel; mais par les journées orageuses comme celles du 27 et du 28 mars 1910, l'eau prend au contraire une teinte opalescente qui provient de la mise en liberté de soufre pulvérulent provenant des sulfures qu'elle renferme.

L'eau d'Hammam-Salahin est chlorurée, sodique et sulfurée. Sa saveur est franchement salée et son odeur sulfureuse. Le soufre s'y trouve à l'état de sulfure de sodium.

Ces eaux sont employées en boisson, mais surtout sous forme de bains, pour le traitement des affections cutanées, des voies respiratoires, de l'arthritisme, du lymphatisme et dans les affections utérines.

Grâce à l'obligeance du directeur de l'établissement, je pus me procurer 1^{l} d'eau puisée au griffon même.

Le flacon fut complètement rempli et bien bouché, et je pus en effectuer l'analyse radioactive à Biskra, 3 heures après la prise.

(¹) Une autre partie des eaux du revers nord-ouest des montagnes de l'Aures, situées à 50^{km} au sud du chott Tinecilt, a été plus ou moins parfaitement captée par l'oued el Kantara au profit du bassin saharien du chott Melrir.

(²) Le chott Tinecilt et la sebka ez Zmoul se trouvent à 2^{km} à peine de ravines normalement tributaires du Bou Merzoug. Les récents phénomènes de capture des Hautes Plaines constantinoises ont fait l'objet d'une controverse entre MM. Grund (*Sitzber. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien*, t. LXV, 1906, p. 525) et Passarge (*Globus*, t. XCIV, 1908, p. 169). — Voir, à ce sujet, L. Joleaud et A. Joly, *Ass. franç. Av. Sc.*, t. XXXVIII, Lille, 1909, p. 200.

J'utilisais dans ce but un électromètre à feuille d'aluminium, d'un modèle spécial, que j'avais transporté pour effectuer des recherches sur la Physique du globe terrestre.

Je m'étais également muni d'un étalon de 1g d'oxyde noir d'uranium en prévision d'analyses sur la radioactivité.

Une petite balance complétait cet outillage qui me permit de déterminer le degré d'ionisation de cette eau avec suffisamment d'exactitude.

En prenant pour unité l'ionisation produite par 1g d'oxyde noir d'uranium, l'ionisation *positive* de l'eau fut trouvée égale à 0,1 par litre et l'ionisation négative à 0,05 par litre.

L'eau est donc à la fois radioactive dans la proportion de 0,05 par litre, et *ionisée positivement* dans la même proportion de 0,05.

La polarité nettement positive de cette source lui communique des propriétés calmantes, sédatives et cicatrisantes analogues à celles que j'avais déjà constatées dans diverses sources sulfureuses de la région des Pyrénées.

La radioactivité et l'ionisation des sources thermales paraît donc être un fait général, aussi bien en Europe qu'en Afrique, et le signe de la polarisation de l'eau paraît jouer un rôle de premier ordre dans les propriétés thérapeutiques et chimiques de ces sources thermales.

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 11 avril 1910.

Icones mycologicæ, par Boudier, Correspondant de l'Institut; 6e série, livraison 28. Paris, Paul Klincksieck, 1910; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Rapport sur l'attribution du prix Fontannes [de la Société géologique de France], par W. Kilian, Correspondant de l'Institut. Paris, 1909; 1 fasc. in 8°. (Hommage de l'auteur.)

Sur le gisement bajocien de Villard-d'Arène (Hautes-Alpes) et sur un Échinide nouveau du Massif du Pelvoux, par MM. W. Kilian, Correspondant de l'Institut, et Jules Lambert. Grenoble, 1909; 1 fasc. in-8°.

Die Theorie des Färbeprozesses, von L. Pelet-Jolivet, mit 14 Abbildungen und mehreren Tabellen. Dresde, Theodor Steinkopff, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

Statistique sanitaire de la France; 1re partie : *Villes de* 5000 *habitants et au-*

dessus, année 1908, 23e année. Ministère de l'Intérieur, Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques, 5e Bureau; 1910. 1 vol. in-8°.

Commission du Service géologique du Portugal. Mollusques tertiaires du Portugal. Le Pliocène au nord du Tage (Plaisancien), par GUSTAVE-F. DOLLFUS et J.-C. BERKELEY COTTER; 1re partie : *Pelecypoda*, précédée d'une Notice géologique, avec 9 planches. Lisbonne, Imprimerie nationale, 1909; 1 fasc. in-4°.

Notes botaniques sur la région du bas et moyen Congo: fascicule I : *Plantes principales de la région de Kisantu, leur nom indigène, leur nom scientifique, leurs usages*, par J. GILLET et E. PÂQUE. (*Annales du Musée du Congo belge : Botanique*, 5e série.) Bruxelles, Spineux, 1910; 1 fasc. in-f°.

Bericht über die aerologische Expedition des königlichen aeronautischen Observatoriums nach Ostafrica im Jahre 1908, erstattet von ihrem Leiter ARTHUR BERSON; mit 13 in den Text gedruckten Abbildungen und 21 Tafeln. (*Ergebnisse der Arbeiten des königlich-preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg*, herausgegeben durch dessen Direktor RICHARD ASSMANN.) Brunswick, Friedrich Vieweg et fils, 1910; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 18 AVRIL 1910.

Le Opere di Galileo Galilei, edizione nazionale sotto gli auspicii di Sua Maesta il Re d'Italia; Volume XX ed ultimo. Florence, Barbera, 1909; 1 vol. in-4°. (Offert par M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie. Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon. XXIe Bulletin chronométrique, année 1908-1909, publié par M. A. LEBEUF, Directeur de l'Observatoire. Besançon, J. Millot et Cie, 1909; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Fabrication et emploi des matériaux et produits réfractaires utilisés dans l'industrie, par ALBERT GRANGER. Paris, Ch. Béranger, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Troost.)

Le point sans l'horizon de la mer. Horizon gyroscopique de l'amiral Fleuriais, modèle de MM. PONTHUS et THERRODE, constructeurs, par M. L. FAYÉ. Paris, R. Chapelot et Cie, 1910; 1 fasc. in-8°.

On a certain cubic surface called the Möbius surface, by C.-E. CULLIS; part 2. (*Bull. of the Calcutta Math. Soc.*, t. I, n° 2, july 1909.) 1 fasc. in-8°.

Contributions to the theory of screws, by Sir ROBERT BALL. (*Proceedings of the Royal Irish Academy*, t. XXVIII, sect. A, n° 2.) Dublin, 1910; 1 fasc. in-4°.

The fruits of medical research with the aid of anæsthesia and asepticism, by CHARLES-W. ELIOT. Address delivered at the Massachusetts general Hospital on the sixty-third anniversary of Ether Davy, october 16, 1909. Boston, imp. Barta; 1 fasc. in-8°.

Estudio anatomico de la piel del gallipato, por JOSÉ GOGORZA. (*Mem. R. Soc. esp. Hist. nat.*, t. VI, n° 3, 1909.) Madrid, 1 fasc. in-8°.

Annali dell' Ufficio centrale meteorologico e geodinamico italiano; serie seconda,

t. XVIII, parte 3ª, 1896; t. XIX, parte 1ª, 1897; t. XXVII, parte 1ª, 1905; t. XXVIII, parte 1ª, 1906. Rome, Imprimerie nationale de G. Bertero et Cie, 1907-1909; 4 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 avril 1910.

Studio sullo sviluppo dei metodi geometrici, Conferenza del prof. Gastone Darboux, letta il 24 settembre 1904 al *Congresso delle Scienze ed Arti*, a Saint-Louis. (Extr. de *Periodico di Matematica*, 25e année, fasc. 4 et 5, 1910.) 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Rapport : *La Carte internationale de la Terre à* $\frac{1}{1000000}$, par M. Alfred Grandidier. (Extr. des *Comptes rendus*, t. 150, p. 193; séance du 24 janvier 1910.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Le classement et les catalogues des Ouvrages imprimés à la Bibliothèque de l'Institut, par Henri Dehérain. (Extr. du *Bulletin de l'Association des Bibliothécaires français*, janvier-février-mars 1910.) Paris, imp. Berger et Chausse, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la Collection Lamarck : Brachiopodes fossiles;* 22 planches. Genève, Georg et Cie, 1910; un portefeuille in-4°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Kataloge der Inkunabeln der Schwedischen öffentlichen Bibliotheken, von Isak Collijn. III : *Katalog der Inkunabeln der Stifts- und Gymnasial-Bibliotek zu Linköping*. Upsal, Almqvist et Wiksell, et Leipzig, Rudolf Haupt, 1909; 1 fasc. in-8°.

Observatoire national de Besançon. Règlement chronométrique, applicable à partir du 1er *mai* 1910. Besançon, J. Millot et Cie, 1909; 1 fasc. in-8°.

Rapport sur le Concours de réglage de chronomètres de l'année 1909, présenté à la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève, le 21 février 1910, par M. le professeur Raoul Gautier, directeur de l'Observatoire de Genève. s. l. n. d.; 1 fasc. in-8°.

Les prix Nobel en 1907. Stockholm, Imprimerie royale P.-A. Norstedt et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Publication faite par ordre des corporations chargées de décerner les prix Nobel.)

Universitati Lipsiensi sæcularia quinta diebus XXVIII-XXX mensis julii A. D. MCMIX celebranti gratulantur Universitatis Upsaliensis Rector et Senatus. Upsala, Almqvist et Wiksell, 1909; 1 fasc. in-4°.

Le centenaire du « Journal de Pharmacie et de Chimie », 1809-1909. *Histoire du Journal et Notices biographiques*, par Émile Bourquelot, avec 32 portraits. Paris, Octave Doin et fils, 1910; 1 fasc. in-8°.

Fondation pour l'Internationalisme : *L'Internationalisme médical*, par P.-H. Eijkman. (Publication du « Bureau préliminaire de la Fondation pour l'Internationalisme », à La Haye.) Amsterdam, F. van Rossen, 1910; 1 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MAI 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le Tome CXLVIII des *Comptes rendus* (1er semestre 1909) est en distribution au Secrétariat.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome LI des *Mémoires de l'Académie des Sciences*, accompagné d'un Atlas, est en distribution au Secrétariat. Ce Volume contient la reproduction de tous les Mémoires et travaux de Meusnier relatifs à l'Aérostation et restés jusqu'ici inédits pour la plus grande partie.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la lutte contre la grêle dans le Beaujolais.* Note de M. **J. Violle**.

J'ai déjà entretenu l'Académie [1] de la lutte contre la grêle, menée avec une rare énergie par le Syndicat du Beaujolais, et je lui ai fait connaître les premiers résultats de la statistique des dégâts annuellement subis avant et depuis la défense par les seize communes pour lesquelles le Syndicat avait pu, dès le début, établir une comparaison raisonnée. Depuis lors, le temps a marché, apportant son poids à la statistique; et, à la suite de son Tableau des pertes occasionnées par la grêle depuis l'organisation de la défense dans les seize communes témoins, de 1901 à 1909, le Syndicat remarque [2]:

1° Que pour ces 9 années les pertes se sont élevées à 1 700 435fr au lieu de 13 millions pour les 10 années qui ont précédé la défense; qu'en moyenne elles ont donc été près de huit fois moins fortes;

---

(1) J. Violle, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 342.

(2) J. Chatillon et B. Blanc, *Compte rendu des expériences de tir contre la grêle du Beaujolais en* 1909.

2° Qu'en 1901, 1904 et 1909, les seize communes témoins n'ont eu aucun dégât, fait qui ne s'était produit qu'une seule fois, en 1894, dans la période des 10 années antérieures;

3° Qu'enfin neuf communes ont été constamment et totalement épargnées.

De son côté, le savant directeur de l'Observatoire de Lyon a dressé une statistique qui ne concorde guère avec celle du Syndicat; toutefois les discordances ne sont pas telles qu'elles puissent changer le sens du résultat.

Cependant ce sens est interverti; la récente Note de M. André dans les *Comptes rendus* (¹) l'affirme. Il importe d'en chercher la cause.

Sur le nombre total des stations munies d'appareils grêlifuges, M. André ne considère chaque année que celles qui sont atteintes, et il compare les dégâts qu'elles ont subis aux dégâts qu'elles éprouvaient, année moyenne, pendant la période des 20 années (1881-1900) antérieures à la défense. Comme pendant cette longue période les stations considérées n'étaient pas grêlées tous les ans, le dégât subi en cette année où elles sont touchées sera presque nécessairement supérieur à la moyenne considérée; d'ailleurs on ne s'occupera plus de ces stations les années suivantes où elles ne seront pas grêlées. Les termes de la comparaison diffèrent ainsi d'une année à l'autre.

En outre, M. André laisse intervenir les stations nouvelles au fur et à mesure de leur création, ce qui complique encore les choses.

Le Syndicat opère d'une façon simple et correcte : il suit toujours les seize communes témoins, et pour chaque année il compare la somme des dégâts sur l'ensemble de ces communes à la somme des dégâts que le même ensemble de communes subissait, année moyenne, pendant la période 1891-1900 antérieure à la défense.

La Note de M. André nous présente un Tableau résumant les résultats de sa méthode de calcul. Je résumerai de même les résultats auxquels conduit la méthode de calcul adoptée par le Syndicat. Et, pour ne pas faire intervenir de complications étrangères au point considéré, je prendrai les évaluations des dégâts données par M. André (²).

La période antérieure au tir pour laquelle le Syndicat s'est trouvé suffisamment renseigné sur les dégâts éprouvés par les seize communes témoins

---

(¹) Ch. André, *Comptes rendus*, t. CL, 1910, p. 1023.

(²) Ces nombres sont extraits de la brochure *Sur le tir grêlifuge et ses effets*, publiée par la Commission départementale de Météorologie du Rhône, sous les auspices du Conseil général, Lyon 1907.

ne comprend que les 10 années 1891-1900; il donne pour la somme des dégâts subis par l'ensemble des seize communes, année moyenne, 1332806fr. M. André a pu établir sa moyenne sur les 20 années 1881-1900; d'après ses chiffres la somme des dégâts subis par l'ensemble des seize mêmes communes, année moyenne, est 1196860fr. L'accord est d'autant plus remarquable qu'il n'est pas nécessaire. Pourquoi cesse-t-il précisément quand il devrait exister? Quoi qu'il en soit, j'adopterai, comme pour tout le reste, le nombre de M. André touchant les dégâts que l'ensemble des seize communes considérées éprouvait, année moyenne, avant le tir.

J'ai alors pour les seize communes témoins le Tableau suivant dont, pour la facilité du lecteur, je calque la disposition sur celui de la Note parue au précédent numéro des *Comptes rendus*.

Pertes subies mensuellement par les seize communes témoins comparées à la perte moyenne annuelle de l'ensemble avant la défense.

Années.	Nombre de communes atteintes par la grêle.	Dégâts.	Dégâts, année moyenne (1881-1900).	Différence en plus de la moyenne.	Différence en moins de la moyenne.
		fr	fr		fr
1901.....	0	»	1196860	»	1196860
1902.....	5	743592	1196860	»	453268
1903.....	4	691563	1196860	»	505297
1904.....	1	5685	1196860	»	1191175
1905.....	3	138674	1196860	»	1058186
1906 (1).... ..	2	128110	1196860	»	1068750
Totaux.....	15	1707624	7181160	»	5473536
Moyennes...	2,5	284604	1196860	»	912256

Pendant ces 6 années, les dégâts sur le champ de tir considéré ont été les 0,24 de ce qu'ils étaient antérieurement. Dans tout le département pendant le même temps ils ont été les 0,76 de ce qu'ils avaient été dans les 20 années précédentes.

Il serait imprudent de tirer de ces nombres aucune conclusion formelle. Peut-être cependant y trouvera-t-on quelque sujet d'encouragement.

Nous devons souhaiter qu'une expérience qui a déjà coûté tant d'efforts généreux ne soit pas arrêtée par certaines divergences d'interprétation et

(1) Je ne puis prolonger le Tableau plus loin, n'ayant pas les données sur les années 1907 et 1908.

qu'elle se poursuive encore assez longtemps pour aider à la manifestation de la vérité.

M. **Georges Lemoine**, après la Communication de M. Violle, rappelle les nombreuses *expériences de tir contre la grêle* qui ont été faites en Italie, notamment dans les environs de Vicence. Ces expériences, très variées, ont duré plusieurs années : le résumé en a été publié dans l'*Annuaire de la Société météorologique de France* (1907, p. 72). Après une discussion très approfondie et conduite d'une manière tout à fait scientifique, la conclusion pour l'utilité des tirs contre la grêle a été *absolument négative*, et le Gouvernement italien a fini par supprimer toute subvention.

M. **J. Violle** répond que la situation particulière du champ de tir de Castelfranco Veneto ne permet pas de généraliser les résultats des expériences qui ont été faites. Pour arriver à des conclusions indiscutables, il est nécessaire d'opérer, avec toute la précision possible, dans plusieurs localités différemment situées, de manière à éliminer les influences orogéniques. Tel est précisément le système des expériences qu'il s'occupe d'organiser sous les auspices du Ministère de l'Agriculture.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un mode de génération des systèmes triple-orthogonaux à lignes de courbure sphériques dans un seul système.* Note de M. **C. Guichard**.

M. Darboux (*Leçons*, 4e partie, Chap. XII) a indiqué un moyen de former ces systèmes. On part d'un système triple à lignes de courbure planes dans un seul système et l'on en déduit les systèmes cherchés par une inversion suivie d'une transformation particulière de Combescure. On a ainsi une solution complète de la question. J'ai pensé cependant qu'il ne serait pas inutile de se placer à un autre point de vue, d'autant plus que je pourrai ainsi établir la réciproque d'une propriété de la surface des centres des sphères, propriété indiquée par M. Darboux.

Soit $M(X_1, X_2, \ldots, X_5)$ un point qui décrit un réseau O à deux indéterminées u_2, u_3 dans l'espace à cinq dimensions. A ce réseau correspond un déterminant O

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & \ldots & x_5 \\ y_1 & y_2 & \ldots & y_5 \\ z_1 & z_2 & \ldots & z_5 \\ \xi_1 & \xi_2 & \ldots & \xi_5 \\ \eta_1 & \eta_2 & \ldots & \eta_5 \end{vmatrix}$$

ayant pour rotations

$$\begin{matrix} a, & e, & g, & m, \\ b, & f, & k, & n. \end{matrix}$$

[Les notations sont celles de mon Mémoire, *Sur les systèmes orthogonaux*, etc. (*A. E. N.*, 1903, Chap. VI).] On sait qu'on a

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial a}{\partial u_3} = bm, & \dfrac{\partial e}{\partial u_3} = fm, & \dfrac{\partial g}{\partial u_3} = km, \\ \dfrac{\partial b}{\partial u_2} = an, & \dfrac{\partial f}{\partial u_2} = en, & \dfrac{\partial k}{\partial u_2} = gn. \end{cases}$$

$$(2)\qquad ab + ef + gk + \frac{\partial m}{\partial u_3} + \frac{\partial n}{\partial u_2} = 0.$$

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial X_i}{\partial u_2} = h\xi_i, & \dfrac{\partial X_i}{\partial u_3} = l\eta_i, \\ \dfrac{\partial a}{\partial u_3} = lm, & \dfrac{\partial l}{\partial u_2} = hn. \end{cases}$$

On peut poser

$$(4)\qquad -X_i = p_1 x_i + p_2 y_i + p_3 z_i + q\xi_i + r\eta_i.$$

Si l'on différentie l'équation (4) par rapport à u_2 et u_3 on aura, en identifiant avec les formules (3) et en tenant compte de la valeur des dérivées des éléments de Δ

$$(5)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial p_1}{\partial u_2} = aq, & \dfrac{\partial p_2}{\partial u_2} = eq, & \dfrac{\partial p_3}{\partial u_2} = gq, & \dfrac{\partial q}{\partial u_3} = nr, \\ \dfrac{\partial p_1}{\partial u_3} = br, & \dfrac{\partial p_2}{\partial u_3} = fr, & \dfrac{\partial p_3}{\partial u_3} = kr, & \dfrac{\partial r}{\partial u_2} = mq. \end{cases}$$

$$(6)\qquad \begin{cases} h = -\left(ap_1 + ep_2 + gp_3 + \dfrac{\partial q}{\partial u_2} + mr\right), \\ l = -\left(bp_1 + fp_2 + kp_3 + nq + \dfrac{\partial r}{\partial u_3}\right). \end{cases}$$

Cela posé, j'appelle *tripel-orthogonal* au réseau M, l'ensemble des points dont les coordonnées $Z_1, Z_2, \ldots, Z_5$ sont

$$Z_i = X_i + Y_1 x_i + Y_2 y_i + Y_3 z_i.$$

Y_1, Y_2, Y_3 étant absolument arbitraires.

Je prends maintenant cinq fonctions de u_1 seul, $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_5$ telles que

$$(7)\qquad \sum \theta_i^2 = 0, \qquad \sum \left(\frac{d\theta_i}{du_1}\right)^2 = 0.$$

Il est facile de déterminer ces fonctions. Tout d'abord, on remarque que si l'on multiplie tous les θ_i par une même fonction de u_1, les équations (7) ne cessent pas d'être vérifiées. On pourra prendre

$$(8)\qquad \begin{cases} \theta_1 = T_1, \quad \theta_2 = T_2, \quad \theta_3 = T_3, \quad \theta_4 + i\theta_5 = T_1^2 + T_2^2 + T_3^2, \\ \qquad\qquad\qquad\qquad \theta_4 - i\theta_5 = -1, \end{cases}$$

T_1, T_2, T_3 étant les coordonnées d'un point qui décrit une courbe isotrope. Des équations (7) on déduit

$$(9)\qquad \sum \theta_i \frac{d\theta_i}{du_1} = 0, \qquad \sum \theta_i \frac{d^2\theta_i}{du_1^2} = 0, \qquad \sum \frac{d\theta_i}{du_1}\frac{d^2\theta_i}{du_1^2} = 0.$$

Pour employer un langage géométrique, je dirai que la droite issue de l'origine et qui a pour paramètres directeurs $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_5$ décrit un cône doublement isotrope; j'appellerai *plan tangent à ce cône* l'ensemble des points dont les coordonnées $Z_1, Z_2, \ldots, Z_5$ sont de la forme

$$Z_i = \lambda\theta_i + \mu\frac{d\theta_i}{du_1},$$

λ et μ étant arbitraires.

Je prends maintenant les points communs au tripel-orthogonal au réseau M et au plan tangent au cône double isotrope; c'est-à-dire que je détermine Y_1, Y_2, Y_3, λ, μ par les équations

$$(10)\qquad Z_i = X_i + Y_1 x_i + Y_2 y_i + Y_3 z_i = \lambda\theta_i + \mu\frac{d\theta_i}{du_1}.$$

Je dis que le point qui a pour coordonnées Y_1, Y_2, Y_3 décrit un système cherché.

Tout d'abord, des formules (10) et (4) on déduit

$$(11)\qquad x_i(Y_1 - p_1) + y_i(Y_2 - p_2) + z_i(Y_3 - p_3) - q\xi_i - r\eta_i = \lambda\theta_i + \mu\frac{d\theta_i}{du_1}.$$

En élevant au carré les cinq formules (11) et en ajoutant, on a

$$(12)\qquad (Y_1 - p_1)^2 + (Y_2 - p_2)^2 + (Y_3 - p_3)^2 + q^2 + r^2 = 0.$$

Ceci montre que si u_1 varie seul, le point (Y_1, Y_2, Y_3) décrit une courbe tracée sur une sphère S dont le centre G a pour coordonnées p_1, p_2, p_3 et dont le rayon ρ est donné par

$$(13)\qquad -\rho^2 = q^2 + r^2.$$

D'autre part, en différentiant les équations (10) successivement par rap-

port à u_1, u_2, u_3 on trouve

$$
(14)\quad \left\{
\begin{aligned}
\frac{\partial Z_i}{\partial u_1} &= x_i \frac{\partial Y_1}{\partial u_1} + y_i \frac{\partial Y_2}{\partial u_1} + z_i \frac{\partial Y_3}{\partial u_1} \\
&= \theta_i \frac{\partial \lambda}{\partial u_1} + \frac{d\theta_i}{du_1}\left(\lambda + \frac{\partial \mu}{\partial u_1}\right) + \frac{d^2\theta_i}{du_1^2}\mu, \\
\frac{\partial Z_i}{\partial u_2} &= \xi_i(h + a Y_1 + e Y_2 + g Y_3) + x_i \frac{\partial Y_1}{\partial u_2} + y_i \frac{\partial Y_2}{\partial u_2} + z_i \frac{\partial Y_3}{\partial u_2} \\
&= \theta_i \frac{\partial \lambda}{\partial u_2} + \frac{d\theta_i}{du_1}\frac{\partial \mu}{\partial u_2}, \\
\frac{\partial Z_i}{\partial u_3} &= \eta_i(l + b Y_1 + f Y_2 + k Y_3) + x_i \frac{\partial Y_1}{\partial u_3} + y_i \frac{\partial Y_2}{\partial u_3} + z_i \frac{\partial Y_3}{\partial u_3} \\
&= \theta_i \frac{\partial \lambda}{\partial u_3} + \frac{d\theta_i}{du_1}\frac{\partial \mu}{\partial u_3}.
\end{aligned}
\right.
$$

Multiplions, membre à membre, deux quelconques de ces formules et faisons la somme pour toutes les valeurs de l'indice i, on aura, si α et β sont deux indices différents ayant les valeurs 1, 2, 3, en tenant compte des équations (7) et (9),

$$
(15)\qquad \sum_i \frac{\partial Z_i}{\partial u_\alpha}\frac{\partial Z_i}{\partial u_\beta} = \sum_i \frac{\partial Y_i}{\partial u_\alpha}\frac{\partial Y_i}{\partial u_\beta} = 0,
$$

Ce qui montre bien que le point ayant pour coordonnées Y_1, Y_2, Y_3 décrit un système triple-orthogonal. On obtient d'ailleurs, par cette méthode, tous les systèmes triple-orthogonaux à lignes de courbure sphériques dans un seul système.

Au point de vue de la détermination de ces systèmes, ma méthode montre que la seule difficulté analytique est de connaître le tripel-orthogonal à un réseau O de l'espace à cinq dimensions. Comme beaucoup de ces tripel peuvent être formés effectivement, on voit qu'on aura très simplement des systèmes triple-orthogonaux possédant la propriété indiquée. Je laisse de côté cette application pour examiner la congruence de sphères (S) et la surface (G) décrite par les centres de ces sphères. Les formules (1), (2), (5), (13) ne diffèrent pas de celles qui ont été établies par M. Darboux (*loc. cit.*) ; M. Darboux a montré que ces formules constituent des conditions nécessaires ; je viens d'établir que ces conditions sont suffisantes.

On peut donner une interprétation géométrique de ces formules. Les formules (5) montrent que les courbes $u_2 =$ const., $u_3 =$ const. tracent un système conjugué sur la surface des courbes (G); les tangentes aux courbes de ce réseau ont pour paramètres directeurs a, e, g d'une part, b, f, k

d'autre part. L'équation (2) exprime que ce réseau est ce que j'ai appelé un réseau (K). L'équation de Laplace de ce réseau est

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u_2 \partial u_3} = \frac{1}{q}\frac{\partial q}{\partial u_3}\frac{\partial \theta}{\partial u_2} + \frac{1}{r}\frac{\partial r}{\partial u_2}\frac{\partial \theta}{\partial u_3}. \tag{16}$$

Cette équation admet la solution

$$\theta = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + q^2 + r^2.$$

D'autre part, on peut prendre pour coordonnées de la sphère S

$$Y_1 = p_1, \qquad Y_2 = p_2, \qquad Y_3 = p_3$$
$$Y_4 + iY_5 = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 - \rho^2 = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + q^2 + r^2,$$
$$Y_4 - iY_5 = -1.$$

Les fonctions Y satisfont à l'équation (16) et l'on a

$$\sum Y^2 = -q^2 + r^2, \qquad \ldots.$$

La propriété caractéristique de la congruence de sphères (S) *est d'être une congruence* C.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire en la personne de M. *Édouard van Beneden*, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, décédé à Liége le 28 avril 1910.

Mme Vve **Maurice Lœwy** adresse ses remercîments à l'Académie pour la distinction qu'elle vient d'accorder à l'ensemble des travaux astronomiques de son mari.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au *IIe Congrès international du Froid*, qui se tiendra à Vienne en octobre 1910.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Quatrième Congrès international d'Aéronautique, Nancy*, 18-23 septembre 1909. *Procès-verbaux, Rapports et Mémoires.* (Présenté par le Prince Roland Bonaparte.)

2° Le fascicule 4, Tome I, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. (Présenté par M. Mangin.)

3° *Traité de Géologie*, t. II : *Les périodes géologiques*, fascicule 2, par M. Émile Haug. (Présenté par M. Michel Lévy.)

4° *Topologie. Étude du terrain*, par le général Berthaut. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ASTRONOMIE. — *Sur les transformations de la comète de Halley.* Note de M. Ernest Esclangon.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une récente observation de la comète de Halley que j'ai pu faire le 27 avril au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux.

La comète a subi, dans sa forme, d'importantes modifications depuis le mois de mars dernier. La forme *parabolique du contour limitant l'astre vers son sommet* (côté Soleil) s'est maintenant très nettement accusée. Mais d'autres caractères importants ont fait également leur apparition.

Dans la masse nébuleuse et luminescente qui constitue la *tête*, on distingue très nettement à l'heure actuelle, deux surfaces de discontinuité se raccordant au noyau sous un angle aigu. Le contour apparent de ces deux surfaces se présente sous la forme d'un V fortement ouvert du côté de la queue, ayant son sommet au noyau, et dont les branches courbes ont leur concavité dirigée vers le sommet de l'astre.

Ces surfaces, très apparentes actuellement, pouvaient déjà se soupçonner le 13 février dernier.

Le *noyau*, d'environ 7″ de diamètre, quoique très brillant, ne se sépare pas d'une manière absolument nette de la nébulosité de la tête, ainsi que cela se produisait dans la comète de Johannesburg dont le noyau paraissait, le 30 janvier, comme découpé à l'emporte-pièce dans la masse nébuleuse. De courtes aigrettes émanent en éventail du noyau vers le sommet; on les met très facilement en évidence en éclairant le champ de l'instrument de façon que les aigrettes et le noyau seuls restent visibles.

Le 27 avril, la comète était voisine d'une étoile de 7e grandeur (+7°, n° 5101, B. D.) et les deux astres étaient visibles à la fois dans l'instrument.

En éclairant le champ, la nébulosité visible se réduisait de plus en plus en se concentrant vers le noyau, et *le point le plus brillant du noyau* disparaissait au même instant que l'étoile. L'arrivée progressive du jour produisait le même effet. On peut donc en conclure qu'à cette date, *la partie la plus brillante du noyau* était très approximativement de 7e grandeur. Mais, bien entendu, le degré de visibilité, et notamment le degré de visibilité à l'œil nu, ne saurait être évalué de cette manière. Si l'on considère en effet que la tête avait un diamètre moyen d'environ 1′, c'est-à-dire de l'ordre du pouvoir séparateur de l'œil, ou en conclut que c'est l'éclat total, résultant de la superposition des éclats des divers points de la nébulosité, qui doit servir de mesure au degré de visibilité à l'œil nu, degré qui se trouve ainsi de *beaucoup supérieur* à celui de la partie la plus brillante du noyau.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains systèmes triple-orthogonaux.* Note de M. **J. Haag**.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* de la séance du 21 mars dernier, j'ai signalé comme réseau sphérique (σ) pouvant servir de représentation sphérique commune à toutes les surfaces d'une famille de Lamé, le réseau comprenant une famille quelconque de petits cercles, de plans parallèles à Oz. Je me suis proposé depuis de rechercher tous les systèmes triple-orthogonaux (S) qui correspondent à l'un quelconque de ces réseaux.

Cela m'a conduit à des résultats qui me semblent intéressants, tant au point de vue de la Géométrie qu'au point de vue de la théorie de certaines équations aux dérivées partielles.

Pour éviter des confusions, je change les notations de la Note dont il vient d'être parlé. Supposons que les surfaces (ρ) d'un système triple-orthogonal aient toute même représentation sphérique de leurs lignes de courbure et admettent, en outre, des trajectoires orthogonales planes de plans parallèles à Oz. Soient (σ') le réseau sphérique qui sert de représentation sphérique à ces surfaces (ρ), et (σ'') sa projection stéréographique sur xOy. *Le réseau plan* (σ'') *est le réseau orthogonal le plus général qui soit composé dans chaque famille de courbes homothétiques par rapport au point* O. Appelons Φ l'angle sous lequel le rayon vecteur d'angle polaire φ coupe toutes les courbes de la première famille. Cet angle est une fonction de φ, caractéristique du réseau. Si l'on pose

$$(1) \qquad \rho_1 - \rho_2 = -\int \frac{d\varphi}{\sin\Phi\cos\Phi} = c,$$

l'équation de Laplace relative au réseau (σ'') s'écrit

$$(2)\qquad \frac{\partial^2\omega}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}+\left(\frac{d\Phi}{d\rho}+1\right)\left(\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}\sin^2\Phi+\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}\cos^2\Phi\right)=0.$$

Si ω désigne la solution générale de cette équation, les équations du système (S) le plus général qui admette la réprésentation sphérique considérée sont

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} x &= R'X + e^{\rho}\left[\omega X+(1+Z)\left(\frac{X_1}{Z_1}\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+\frac{X_2}{Z_2}\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}\right)\right],\\ y &= R'Y + e^{\rho}\left[\omega Y+(1+Z)\left(\frac{Y_1}{Z_1}\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+\frac{Y_2}{Z_2}\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}\right)\right],\\ z &= R + R'Z + e^{\rho}(1+Z)\left(\omega+\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}\right).\end{aligned}\right.$$

Dans ces équations, R désigne une fonction arbitraire de ρ et R' sa dérivée par rapport à ρ; X, Y, ... sont, suivant les notations habituelles, les cosinus directeurs des normales aux surfaces coordonnées; enfin l'angle θ que fait Oz avec la normale à la surface (ρ) est donné par la formule

$$(4)\qquad \operatorname{tang}\frac{\theta}{2}=e^{\rho-\frac{\rho_1+\rho_2}{2}+\int\cos 2\Phi\,d\rho},$$

qui, avec l'équation (1), permet de calculer les cosinus X, Y, ... en fonction de ρ, ρ_1, ρ_2.

Les fonctions que l'on appelle habituellement P_i et H_i ont des expressions extrêmement simples, que nous n'écrivons pas faute de place. La considération de ces fonctions et de leur signification géométrique nous a conduit à des résultats élégants relatifs à toute équation aux dérivées partielles de la forme

$$(5)\qquad \frac{\partial^2\omega}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}+a\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+b\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}=0 \quad (^1),$$

les coefficients a et b étant des fonctions quelconques de la seule variable $v=\rho_1-\rho_2$.

---

(1) L'équation (2), qui est de cette forme, est caractérisée par la condition

$$\frac{a'}{a}-\frac{b'}{b}+2(a+b-1)=0,$$

a' et b' désignant les dérivées de a et b par rapport à v.

Les considérations qui vont suivre s'étendent sans aucune difficulté au cas où il y aurait aussi un terme $c\omega$ au premier membre de (5).

Si ω est une solution de cette équation, il en est de même de

$$\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}+\varepsilon\omega,$$

quelle que soit la constante ε. C'est là une propriété qui est d'ailleurs à peu près évidente, du fait que a et b ne dépendent que de $\rho_1-\rho_2$. Mais, en voici qui le sont moins. Soit ω_1 une solution quelconque de (5). Considérons l'équation

$$\frac{\partial\omega}{\partial\rho_1}+\frac{\partial\omega}{\partial\rho_2}+\varepsilon\omega=\omega_1. \tag{6}$$

Quelle que soit la constante ε, il existe une infinité de solutions communes à (5) et à (6). Ces solutions sont données par la formule

$$\omega=\omega_0+e^{-\frac{\varepsilon}{2}(\rho_1+\rho_2)}g(v), \tag{7}$$

ω_0 désignant une solution particulière quelconque de (6) et $g(v)$ l'intégrale générale de l'équation différentielle

$$g''+(b-a)g'+\frac{\varepsilon}{2}\left(a+b-\frac{\varepsilon}{2}\right)g=e^{\frac{\varepsilon}{2}(\rho_1+\rho_2)}\left(\frac{\partial^2\omega_0}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}+a\frac{\partial\omega_0}{\partial\rho_1}+b\frac{\partial\omega_0}{\partial\rho_2}\right); \tag{8}$$

de sorte qu'à des quadratures près, on est ramené à intégrer l'équation différentielle suivante :

$$g''+(b-a)g'+\frac{\varepsilon}{2}\left(a+b-\frac{\varepsilon}{2}\right)g=0. \tag{9}$$

Si l'on sait intégrer cette équation différentielle, on voit qu'on pourra déduire d'une solution particulière ω_1 de (5) une infinité de solutions nouvelles dépendant d'un nombre illimité de constantes arbitraires. En particulier, on pourra toujours partir de la solution évidente $\omega_1=\text{const}$.

Dans le cas de l'équation (2) nous avons obtenu la solution générale de (9) pour $\varepsilon=1$, et cela par des considérations géométriques. Nous en avons déduit la transformation de l'équation, pour ε quelconque, en la suivante :

$$\frac{d\mu}{d\rho}+\mu^2+1=-\sigma\frac{dt}{d\rho}+\sigma^2(t^2+1),$$

où l'on a posé

$$t=\cot 2\Phi,\qquad \sigma=1-\varepsilon.$$

On voit que l'on peut intégrer par quadratures pour $\sigma=\pm 1$. L'inté-

gration de l'équation (9) équivaut à la recherche de ceux des systèmes (S) qui se composent de surfaces homothétiques.

On pourrait appliquer les considérations qui précèdent à l'équation bien connue d'Euler et de Poisson, qui est de la forme (5).

L'équation (2) a un invariant nul lorsque le réseau (σ) se compose uniquement de cercles. On peut avoir tous les systèmes triples correspondants sans aucune quadrature. Si les cercles de chaque famille sont tangents entre eux, les deux invariants sont nuls et l'on retombe sur des systèmes déterminés autrefois par M. Darboux dans sa Thèse de Doctorat.

L'équation (2) a ses invariants égaux dans les deux cas signalés dans notre Note déjà citée, où les plans des cercles de (σ) enveloppent un cylindre de révolution ou à base hypocycloïdale. Dans le premier cas, on est ramené à l'équation

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} = \omega,$$

et dans le second cas à l'équation d'Euler

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} = \frac{m\omega}{(\rho_1 - \rho_2)^2} \qquad (m = \text{const.}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration, par la méthode de M. Darboux, des équations aux dérivées partielles du second ordre de la forme* $s = a(x, y, z)p + b(x, y, z)q + c(x, y, z)$. Note de **M. P.-E. Gau.**

Je me suis proposé de chercher toutes les équations de la forme

$$s = a(x, y, z)p + b(x, y, z)q + c(x, y, z)$$

qui admettent une intégrale générale de la première classe.

Le problème a été traité par Sophus Lie [1] pour les équations $s = f(z)$ et par M. J. Clairin [2] pour les équations $s = f(x, y, z)$.

Il faut exprimer que l'équation considérée admet deux intégrales inter-

---

[1] Voir Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, t. II, p. 182.

[2] *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXIX, 1905, p. 177.

médiaires de la forme

$$\varphi(x, y, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = X(x), \qquad p_k = \frac{\partial^k z}{\partial x^k},$$

$$\psi(x, y, z, q_1, q_2, \ldots, q_m) = Y(y), \qquad q_k = \frac{\partial^k z}{\partial y^k}.$$

La fonction φ doit donc satisfaire aux deux équations linéaires :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} q_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial p_1} f + \frac{\partial \varphi}{\partial p_2}\left(\frac{df}{dx}\right) + \ldots + \frac{\partial \varphi}{\partial p_n}\left(\frac{d^{n-1} f}{dx^{n-1}}\right) = 0,$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial q_1} = 0,$$

où l'on a posé

$$f = ap + bq + c$$

et où l'on a désigné par le symbole $\left(\frac{d^k f}{dx^k}\right)$, la dérivée $k^{\text{ième}}$ de $f(x, y, z, p, q)$ par rapport à x, après qu'on n'a laissé dans son expression que les dérivées $p_1, p_2, \ldots, p_{n+1}, q_1$ (¹).

Le calcul est malheureusement long. Il consiste à réduire l'ordre des équations et à les ramener à quelques types canoniques qui se discutent facilement; cette réduction repose sur la remarque suivante :

Étant donnée une équation de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$, on a

$$\left(\frac{d^n f}{dx^n}\right) = p_{n+1}\frac{\partial f}{\partial p} + p_n M_n^n + p_{n-1} M_n^{n-1} + \ldots + p_k M_n^k + K^n(x, y, z, q_1, p_1, \ldots, p_{k-1}),$$

les coefficients M étant indépendants de $p_{n+1}, \ldots, p_k$ et l'ordre maximum des dérivées contenues dans M_n^h étant $n - h + 2$. En posant, suivant le cas, $n = 2n'$ ou $n = 2n' + 1$, on aura donc $k \geqq n' + 2$. On peut d'ailleurs avoir facilement l'expression des quantités M par voie de récurrence.

Ces calculs m'ont conduit au résultat suivant :

En supposant $\frac{\partial a}{\partial z} \neq 0$, $\frac{\partial b}{\partial z} \neq 0$, *les seules équations de la forme considérée qui sont de la première classe peuvent, par un simple changement de variables, se ramener, soit :*

1° *A une équation linéaire intégrable par la méthode de Laplace;*

2° *A l'équation de Liouville* $s = e^z$;

(¹) Voir Goursat, *Recherches sur quelques équations aux dérivées partielles du second ordre* (*Annales de la Faculté de Toulouse*, 1899, p. 459).

3° *A l'un des types d'équations trouvés par M. Moutard* (¹), *c'est-à-dire, dans le cas le plus général, à la forme*

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}[A(x, y)\,e^z] - \frac{\partial}{\partial y}[B(x, y)\,e^{-z}].$$

Or il est facile de voir si une équation donnée, de la forme $s = ap + bq + c$ peut se ramener par un changement de variables à l'une des formes précédentes; ces résultats fournissent donc un moyen simple pour savoir si l'équation donnée admet une intégrale générale de la première classe.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la sommation de fractions continues arithmétiques.* Note de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

I. Étant donnée une fraction continue définie par les quotients incomplets

$$a_0, \quad a_1, \quad \ldots, \quad a_n, \quad \ldots,$$

je désignerai les quotients complets par

$$\frac{u_0}{u_1}, \quad \frac{u_1}{u_2}, \quad \ldots;$$

ces nombres sont liés par des équations en nombre infini de la forme

$$(1) \qquad u_n = a_n u_{n+1} + u_{n+2}.$$

Les quotients complets sont toujours supérieurs à 1 et si $v_0, v_1, \ldots, v_n, \ldots$ désignent une série de nombres satisfaisant encore aux équations (1) mais tels que $\frac{v_0}{v_1}$ soit différent de $\frac{u_0}{u_1}$, pour une valeur de n suffisamment grande, $\frac{v_{n+1}}{v_n}$ sera supérieur à 1 et sa partie entière sera a_n (²).

Ceci posé, considérons la fonction manifestement entière

$$y = u_0 + u_1 x + u_2 \frac{x^2}{2!} + \ldots + u_n \frac{x^n}{n!} + \ldots;$$

les équations (1) montrent que cette fonction est solution de l'équation

(¹) *Comptes rendus*, t. LXX, 1870, p. 834. — Darboux, *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. IV, Note III de M. E. Cosserat.

(²) Cf. une précédente Communication (*Comptes rendus*, 28 juin 1909).

fonctionnelle

$$(2) \qquad y - y'' = A(y'),$$

A désignant la *transmutation linéaire* définie par l'égalité

$$A(\alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \ldots) = a_0 \alpha_0 + a_1 \alpha_1 x + \ldots.$$

En outre, toute autre solution z de l'équation (2) analytique et régulière à l'origine aura un développement de la forme

$$z = v_0 + v_1 x + v_2 \frac{x^2}{2!} + \ldots + \frac{v_n x^n}{n!} + \ldots,$$

$v_0, v_1, \ldots$ satisfaisant aux équations (1) et $\frac{v_0}{v_1}$ étant différent de $\frac{u_0}{u_1}$.

Si, d'autre part, on considère les fonctions auxquelles z et x sont *associées*

$$\int_0^\infty e^{-t} y(tx)\, dt = u_0 + u_1 x + \ldots + u_n x^n + \ldots,$$

$$\int_0^\infty e^{-t} z(tx)\, dt = v_0 + v_1 x + \ldots + v_n x^n + \ldots,$$

la première sera finie au point d'affixe -1 et la seconde infinie aux points ± 1. L'équation (2) a donc une solution entière $f(x)$, et une seule (à une constante près), telle que l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-t} f(-t)\, dt$$

ait une valeur finie, et la valeur de la fraction continue est $\frac{f(0)}{f'(0)}$.

Ce critérium se simplifie dans le cas où la *limite inférieure* de $\frac{|a_n|}{n}$ est supérieure à 0. Dans ce cas, la fonction z n'est plus entière et la fonction $f(x)$ est la seule solution entière de l'équation (1).

II. Comme cas particulier, on peut citer le cas où a_n est un polynome entier en n qu'on peut toujours mettre sous la forme

$$a_n = p + qn + rn(n-1) + \ldots,$$

l'équation (2) n'a qu'une seule solution entière et devient l'équation différentielle

$$y - y'' = py' + qxy'' + rx^2 y''' + \ldots.$$

Lorsque a_n se réduit à un binome du premier degré, on retrouve le déve-

loppement en fraction continue de $\operatorname{th} x$ ou de la dérivée logarithmique de la fonction de Bessel pour un argument inverse d'un nombre entier.

On peut encore citer comme exemples

$$a_n = a^n \qquad \text{ou} \qquad a_n = n!$$

les équations correspondantes sont

$$f(x) - f''(x) = f'(ax),$$
$$f(x) - f''(x) = \int_0^\infty e^{-t} f'(tx)\, dx.$$

III. La méthode indiquée est susceptible de plusieurs extensions. En désignant par $\frac{u_0}{v_0}, \frac{u_1}{v_1}, \frac{u_2}{v_2}, \cdots$ des quotients complets non nécessairement successifs, il existe entre eux des systèmes de relations de la forme

$$u_n = a_n u_{n+1} + a'_n v_{n+1},$$
$$v_n = b_n u_{n+1} + b'_n v_{n+1},$$

a_n, b_n, a'_n, b'_n étant un système de quatre entiers de déterminant 1. On est alors amené à résoudre le système de deux équations fonctionnelles simultanées

$$(3) \qquad \begin{cases} y = A(y') + A'(z'), \\ z = B(y') + B'(z'). \end{cases}$$

On peut faire à leur sujet les mêmes remarques que pour l'équation (2) et la valeur de la fraction continue est $\frac{y(0)}{z(0)}$, y et z étant les solutions choisies comme il est dit plus haut. Cette méthode donnerait en particulier les développements en fraction continue de fonctions homographiques de quelques-unes des fractions continues précédemment indiquées [1].

On peut traiter d'une façon analogue le cas où les valeurs des nombres a_n sont données par un certain nombre de fonctions différentes de n, par exemple se répartissant en plusieurs progressions arithmétiques. On serait alors amené à résoudre un système de plusieurs équations fonctionnelles simultanées.

IV. Enfin, ces méthodes peuvent encore s'appliquer à quelques fractions continues, non arithmétiques, en particulier à des fractions à quotients

---

[1] Voir aussi à ce sujet une précédente Communication (*Comptes rendus*, 21 mars 1910).

incomplets fractionnaires de même dénominateur et tous supérieurs à 1. L'équation (2) prendrait dans ce cas la forme

$$K(y - y^{0}) = A(y'),$$

K étant un entier. On trouverait, par exemple, ainsi les développements de $\operatorname{th} x$ ou de la dérivée logarithmique de la fonction de Bessel pour un argument entier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles déduites de certains invariants des formes linéaires.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Appell.

Dans les *Comptes rendus* du 8 février 1904, M. Borel a groupé un certain nombre d'équations différentielles dont l'intégrale générale est une fonction entière, et a remarqué qu'en séparant dans ces équations les termes de poids le plus élevé par rapport aux indices de dérivation, on obtient des invariants usuels de formes binaires telles que

$$(1) \qquad u^{(n)} + n\lambda u^{(n-1)} + \frac{n(n-1)}{1.2}\lambda^2 u^{(n-2)} - \ldots + n\lambda^{n-1}u' + \lambda^n u.$$

Je voudrais ajouter quelques remarques à celles de M. Borel.

Désignons d'une façon générale par I_n l'équation différentielle obtenue en annulant un invariant quelconque de la forme (1). L'équation I_n, homogène par rapport à la fonction et à ses dérivées, ne change [1] pas si l'on change u en $e^{\alpha x}u$, quel que soit le paramètre α : l'équation transformée en $\frac{u'^2 - uu''}{u^2}$ est donc d'ordre $n-2$. On peut abaisser encore de deux unités l'ordre de cette transformée, en changeant de fonction et de variable, parce que l'équation I_n admet le groupe de transformations à deux paramètres $(x, \beta x + \gamma)$. En définitive l'intégration de l'équation I_n se ramène à l'intégration d'une équation d'ordre $n-4$, suivie de quatre quadratures. D'autre part, l'équation I_n est vérifiée, si l'on annule dans la forme (1) les $\frac{n+1}{2}$ premiers termes pour n impair, et les $\frac{n}{2}+1$ premiers termes pour n pair. L'équation I_n admet

[1] Cf. C. Stephanos, *Communication faite au Congrès de Rome* (*Atti*, t. II, p. 148).

donc l'intégrale [1] $u = P_k(x)$, et par suite l'intégrale $u = e^{C.x}P_k(x)$, k désignant l'entier $\frac{n-1}{2}$ ou $\frac{n}{2} - 1$. Cette dernière intégrale est l'intégrale générale pour $n = 2$ ou $n = 3$.

L'intégrale générale de l'équation D_n obtenue en annulant le discriminant de la forme (1) est $u = e^{C.x}P_{n-2}(x)$, l'intégrale singulière $e^{C.x}P_{n-3}(x)$, l'intégrale singulière de l'intégrale singulière $e^{C.x}P_{n-4}(x)$, et ainsi de suite.

De même les équations différentielles de la suite

$$\begin{vmatrix} u'' & u' \\ u' & u \end{vmatrix} = 0, \qquad T = \begin{vmatrix} u^{\text{IV}} & u''' & u'' \\ u''' & u'' & u' \\ u'' & u' & u \end{vmatrix} = 0, \qquad \ldots$$

ont leur intégrale générale entière. Chaque déterminant est en effet un déterminant de Wronski, et l'équation obtenue en l'annulant équivaut à une relation linéaire et homogène à coefficients constants et arbitraires entre les éléments de la dernière ligne. L'intégrale générale s'exprime encore par la fonction exponentielle.

Il y a des classes d'invariants, au contraire, d'où l'on déduit une suite d'équations différentielles dont les premiers termes seuls sont des équations dont l'intégrale générale est entière. Ainsi les deux équations $uu'' - u'^2 = 0$, $S = uu^{\text{IV}} - 4u'u''' + 3u''^2 = 0$, ont pour intégrales générales $u = e^{A.x+B}$, $u = e^{A.x+B}\sigma(x + C, 0, D)$. L'équation E_n (pour n pair),

$$uu^{(n)} - nu'u^{(n-1)} + \frac{n(n-1)}{1.2}u''u^{(n-2)} + \frac{n(n-1)\ldots\left(\frac{n}{2}+1\right)}{\frac{n}{2}\left(\frac{n}{2}-1\right)\ldots 1}\left[u^{\left(\frac{n}{2}\right)}\right]^2 = 0,$$

admet les intégrales particulières $u = x + C$, $(x + C)^2$, $(x + C)^3 \ldots (x + C)^{\frac{n}{2}-1}$. Pour que l'équation E_n ait son intégrale générale entière, ou même uniforme, il est nécessaire [2] que les équations aux variations (ou équations auxiliaires de M. Darboux) relatives à ces intégrales particulières, aient elles-mêmes leur intégrale générale uniforme. Or l'équation aux variations relative à l'intégrale $u = (x + C)^2$,

$$(x + C)^2 v^{(n)} - 2n(x + C)v^{(n-1)} + n(n-1)v^{(n-2)} = 0,$$

---

[1] $P_k(x)$ désigne un polynome en x de degré k à coefficients constants; A, B, C, ... désignent des constantes d'intégration.

[2] C'est là une application particulière de la méthode que M. Painlevé a employée systématiquement à l'étude des équations du second ordre.

ou

$$v^{(n-2)} = (x + C)^r, \qquad r^2 - (2n+1)r + n(n-1) = 0.$$

n'a son intégrale générale uniforme que si $8n + 1$ est carré parfait. $8n + 1$ est carré parfait pour $n = 6$; j'ai obtenu pour l'équation E_6 une intégrale entière dépendant de cinq constantes $u = e^{Ax+B}\sigma(x + C; 0, E)\,\sigma(x + D; 0, -E)$, mais je n'ai pu décider si l'intégrale générale est une combinaison de fonctions uniformes classiques, n'est pas uniforme, ou est une fonction uniforme nouvelle. De même (pour $n > 6$) l'équation aux variations relative à l'intégrale $u = (x + C)^3$, n'a son intégrale générale uniforme que si $24n + 1$ est carré parfait. Il existe une infinité de nombres positifs et pairs n, dépendant d'une équation de Pell, tels que les deux nombres $8n + 1$ et $24n + 1$ soient carrés parfaits; le plus petit est le nombre 210. Mais, pour que l'équation E_n ait son intégrale générale uniforme, il est encore nécessaire que les équations algébriques en r formées dans l'étude des équations aux variations relatives aux intégrales $u = (x + C)^4, \ldots (x + C)^{\frac{n}{2}-1}$, aient toutes leurs racines entières; par exemple, pour l'équation E_{210}, il reste à considérer 101 équations dont les degrés croissent de 4 à 104. Il n'est pas vraisemblable qu'il existe des valeurs de n pour lesquelles toutes ces conditions successives soient remplies.

Enfin, la notion d'invariant usuel n'est pas précise, et l'on ne voit guère comment préciser le choix des invariants qui fournissent des équations dont l'intégrale générale est entière. Ainsi les équations I_4 sont de la forme $S^3 + \alpha T^2 = 0$, α désignant une constante, et s'intègrent par quadratures; parmi elles, seules les équations $S = 0$, $T = 0$, et $S^3 - 27T^2 = 0$, ou D_4, ont leur intégrale générale uniforme.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des relations de récurrence.* Note de M. **S. Lattès**, présentée par M. Émile Picard.

Soit une relation de récurrence d'*ordre p*,

$$u_{n+p} = f(u_{n+p-1}, u_{n+p-2}, \ldots, u_n), \tag{1}$$

où f est une fonction analytique des p variables. Cette relation détermine la suite $u_p, u_{p+1}, \ldots$ si l'on se donne les p premiers termes $u_0, u_1, \ldots, u_{p-1}$. Si u_n a une limite, cette limite α est racine de l'équation

$$\alpha = f(\alpha, \alpha, \ldots, \alpha). \tag{2}$$

Réciproquement, soit α une racine de l'équation (2). En partant de valeurs initiales $u_0, u_1, \ldots, u_{p-1}$ prises dans le domaine de α, dans quel cas sera-t-on assuré de la convergence vers α de la suite des u_n? La question est résolue depuis longtemps dans le cas de $p = 1$: c'est la théorie de l'itération des fonctions d'une variable [1]. Voici les résultats qu'on peut établir de même pour des relations d'ordre quelconque [2]. Posons

$$a_i = \left(\frac{\partial f}{\partial u_{n+p-i}}\right)_{u_{n+p-1} = u_{n+p-2} = \ldots = u_n = \alpha} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, p).$$

et soient $S_1, S_2, \ldots, S_p$ les racines de l'équation

$$S^p - a_1 S^{p-1} - a_2 S^{p-2} - \ldots - a_p = 0. \tag{3}$$

Supposons, en nous plaçant dans le cas le plus général, les racines distinctes, différentes de zéro *et de modules inférieurs à* 1 : *la suite u_n converge alors vers α, quelles que soient les valeurs initiales $u_0, u_1, \ldots, u_p$ prises dans le domaine de α.*

La question peut se traiter directement, mais on peut aussi la ramener à l'étude de l'itération d'un système de p fonctions de p variables; posons en effet

$$X_1 = x_2, \qquad X_2 = x_3, \qquad \ldots, \qquad X_{p-1} = x_p, \qquad X_p = f(x_p, x_{p-1}, \ldots, x_1). \tag{4}$$

Si l'on donne à $x_1, x_2, \ldots, x_p$ les valeurs $u_0, u_1, \ldots, u_p$, on obtiendra pour $X_1, X_2, \ldots, X_p$ les valeurs $u_1, u_2, \ldots, u_{p+1}$. L'étude du système (4) et celle de l'équation (1) sont donc deux questions équivalentes : *l'analogie est évidente avec les équations différentielles d'ordre p qu'on ramène, d'une façon toute pareille, à un système de p équations du premier ordre.*

Étant ainsi ramené à l'étude de l'itération du système (4), il n'y a qu'à appliquer au problème actuel la théorie de l'itération à plusieurs variables. L'équation en S, qui joue un rôle fondamental dans cette théorie, est ici

$$\begin{vmatrix} -S & 1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & -S & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \ldots & -S & 1 \\ a_p & a_{p-1} & \cdot & \cdot & \ldots & a_2 & a_1 - S \end{vmatrix} = 0,$$

et, en développant, on retrouve l'équation (3).

---

[1] Pour la bibliographie, *voir* mon travail *Sur les équations fonctionnelles* (*Annali di Matematica*, 1906; *Thèse*, Paris, 1906).

[2] On peut étudier, d'une façon analogue, le cas d'une convergence *périodique* de la suite $u_0, u_1, \ldots, u_n$.

Si les S *ont des modules tous supérieurs à* 1, on résoudra l'équation (1) par rapport à u_n $\left[\text{ce qui est possible, puisque } \left(\frac{\partial f}{\partial u_n}\right)_\alpha \text{ ou } a_p \text{ n'est pas nul}\right]$: *en partant des valeurs initiales* $u_p, u_{p-1}, \ldots, u_0$, *on pourra alors former la suite à indices décroissants* $u_{-1}, u_{-2}, \ldots, u_{-n}$ *et* u_n^0 *tendra vers* α.

Si les S ont les uns des modules inférieurs à 1, les autres des modules supérieurs à 1, à partir d'une certaine valeur de n, les u_n et les u_{-n} sortent du domaine de α, *si les valeurs initiales sont quelconques*, et il n'y aurait lieu de poursuivre le problème, alors fort difficile, que si la relation de récurrence était définie quelles que soient les valeurs des variables, par exemple si c'était un polynome ou une fraction rationnelle. Mais *si les valeurs initiales sont choisies de façon à vérifier certaines relations analytiques* $\psi(u_0, u_1, \ldots, u_p) = 0$ (satisfaites pour $u_0 = u_1 = \ldots = u_p = \alpha$ et définies dans le domaine de ce point), il y aura encore convergence de la suite u_n ou de la suite u_{-n} vers α. Ceci se rattache à la question de la *réductibilité* des relations (1), autrement dit à la question des *relations de récurrence d'ordre inférieur à p contenues dans une relation d'ordre p*.

Soit, pour fixer les idées, une relation d'ordre 3,

$$u_{n+3} = f(u_{n+2}, u_{n+1}, u_n). \tag{5}$$

On dira qu'elle contient la relation d'ordre 2,

$$u_{n+2} = \varphi(u_{n+1}, u_n), \tag{6}$$

si les valeurs $u_0, u_1, u_2, u_n, \ldots$ qu'on tire de (6) en partant des valeurs initiales u_0, u_1 vérifient la relation (5), et cela quels que soient u_0, u_1. Étant donnée la relation (5), où f est une fonction holomorphe des trois variables dans le domaine du point limité α, on peut se proposer de chercher une relation d'ordre 2 (et de même une relation d'ordre 1), contenue dans (5), vérifiée pour le point limite et telle que $\varphi(u_{n+1}, u_n)$ soit une fonction holomorphe de u_n, u_{n+1} dans le domaine de α. La question se ramène à la recherche des courbes et surfaces analytiques invariantes par la transformation ponctuelle

$$X = y, \qquad Y = z, \qquad Z = f(z, y, x) \quad (^1).$$

A toute racine s, telle que $|s| < 1$, correspond *en général* (2), une relation

(1) Voir mon travail cité ci-dessous.

(2) Il peut y avoir exception si l'une au moins des deux autres racines S', S'' est une puissance entière de S.

du premier ordre $u_{n+1} = \varphi(u_n)$ de la forme cherchée et contenue dans (5); si l'on prend $u_1 = \varphi(u_0)$, $u_2 = \varphi(u_1)$, la suite u_n converge vers α, même si les deux autres racines ont des modules supérieurs à 1. De même, à toute racine s, telle que $|s| > 1$, correspond en général une relation du premier ordre $u_{n+1} = \varphi(u_n)$ contenue dans (5) et telle que la suite u_{-n} ait pour limite α. On détermine de même les relations du second ordre contenues dans (5).

On retrouve ici, comme dans la théorie de l'itération à trois variables, une classification des points limites α toute pareille à la classification de M. Poincaré pour les points singuliers d'un système différentiel; on est amené à classer ces points en *nœuds*, *cols*, *foyers*, *cols-foyers*, suivant le nombre des relations holomorphes d'ordre 1 ou 2 contenues dans (5) et par comparaison de $|s_1|$, $|s_2|$, $|s_3|$ à 1.

Ainsi l'analogie bien connue que présente la théorie des équations linéaires aux différences finies avec la théorie des équations différentielles linéaires se poursuit pour les équations de récurrence non linéaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la définition générale des fonctions analytiques.* Note de M. **Léon Lichtenstein**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ une fonction des variables réelles x et y, continue à l'intérieur d'une aire simplement connexe T, C une courbe fermée rectifiable quelconque à l'intérieur de T. D'après la proposition classique de Cauchy on a $\int_C f(z)\,dz = 0$, chaque fois que la dérivée $\frac{df(z)}{dz}$ existe et est une fonction continue à l'intérieur de T. On doit à M. Goursat une démonstration élégante du théorème cité, qui ne fait usage que de l'existence de la dérivée $\frac{df(z)}{dz}$, cette dérivée n'étant pas nécessairement bornée dans T.

Dans un Mémoire récent, M. Montel a montré que les hypothèses de M. Goursat peuvent être remplacées par les hypothèses suivantes moins restrictives : les dérivées partielles

$$\frac{\partial u}{\partial x}, \quad \frac{\partial u}{\partial y}, \quad \frac{\partial v}{\partial x}, \quad \frac{\partial v}{\partial y}, \tag{1}$$

existant en chaque point de l'aire considérée T, sont bornées dans T sauf peut-être en un ensemble réductible de points ou de courbes rectifiables et

satisfont aux équations

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Voilà un énoncé nouveau qui ne suppose point l'existence des dérivées (1).

Posons pour abréger

$$(3)\qquad \begin{cases} \Delta_x f(z) = [u(x+h, y) + iv(x+h, y)] - [u(x, y) + iv(x, y)], \\ \Delta_y f(z) = [u(x, y+h) + iv(x, y+h)] - [u(x, y) + iv(x, y)], \qquad h > 0. \end{cases}$$

$f(z)$ est une fonction analytique régulière dans T chaque fois que

$$\lim_{h=0} \frac{1}{h}[\Delta_y f(z) - i\Delta_x f(z)] = 0,$$

$\frac{1}{h}[\Delta_y f(z) - i\Delta_x f(z)]$ désignant une fonction des variables x, y, h bornée à l'intérieur de T.

La démonstration est des plus simples si l'on s'appuie sur le théorème suivant de M. Osgood :

Soit

$$u_1(x, y), \quad u_2(x, y), \quad \ldots$$

une suite infinie des fonctions continues à l'intérieur et sur le bord d'une aire simplement connexe T_0, convergeant vers une fonction continue $u(x, y)$.

Soit, de plus,

$$(5)\qquad |u_k(x, y)| < M = \text{const.} \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots).$$

Alors, on a

$$(6)\qquad \iint_{T_0} u(x, y)\, dx\, dy = \lim_{m=\infty} \iint_{T_0} u_m(x, y)\, dx\, dy.$$

PHYSIQUE. — *Surintensités et surtensions dues à la manœuvre des interrupteurs de tableau.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. H. Poincaré.

L'étude que j'ai entreprise des accidents auxquels donnent lieu les fusibles pour hauts voltages m'a conduit à reprendre sur quelques points la théorie des surintensités et des surtensions dans les canalisations souterraines. Ayant établi dans de précédentes Communications que de violentes explosions de fusibles peuvent être provoquées par des courants électriques d'une durée extrêmement petite, j'ai dû rechercher tout d'abord suivant

quel mécanisme de tels courants prennent naissance dans les canalisations industrielles.

Les grands feeders sont, actuellement, presque toujours munis de deux interrupteurs, dont l'un, dit *de départ*, est placé à l'usine génératrice, tandis que le second est établi sur le tableau de distribution, à une distance plus ou moins grande du premier. Lorsqu'on veut mettre en fonctionnement la machine, on ferme d'abord l'interrupteur de départ; cette manœuvre peut produire des surtensions que M. K.-W. Wagner (¹) a étudiées très complètement. Je me propose d'examiner les phénomènes, auxquels donne lieu la fermeture de l'interrupteur du tableau.

M. Poincaré (²) a montré que, même dans le cas d'oscillations extrêmement rapides, les équations aux dérivées partielles entre le potentiel V et l'intensité I en un point d'une ligne monophasée sont

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -\gamma \frac{\partial V}{\partial t}, \qquad \frac{\partial V}{\partial x} = -\rho I - \lambda \frac{\partial I}{\partial t}.$$

D'autre part, dans la pratique, on ferme presque toujours l'interrupteur de tableau sur une ligne terminée par un transformateur à circuit ouvert; deux cas sont à distinguer, selon que le tranformateur présente ou non de la capacité.

Si l'enroulement primaire est formé d'une seule couche de fil, j'ai montré dans un travail précédent (³) que sa capacité est négligeable, en sorte que l'on a comme première condition aux limites, en négligeant l'hystérésis,

$$L\frac{dI}{dt} + RI - V = 0 \qquad \text{pour} \qquad x = l,$$

l désignant la longueur de la ligne. A cette condition il faut joindre la suivante :

$$V = E\sin(\omega t + \xi) \qquad \text{pour} \qquad x = 0.$$

On formera d'abord le terme de régime, auquel on donnera la forme qu'a étudiée M. Blondel ou plus simplement la forme sinusoïdale, ce qui est permis puisque les lignes souterraines ne sont jamais très longues. Pour obtenir la solution générale et satisfaire aux conditions initiales, on déterminera ensuite les solutions simples, pour lesquelles la seconde condition

(¹) K.-W. Wagner, *Elektromagn. Ausgleichsvorgänge in Kabeln*. Leipzig, 1908.
(²) Poincaré, *L'Éclairage électrique*, t. XL, 1904, p. 121.
(³) *Comptes rendus*, 9 juin 1908.

aux limites est

$$V = 0 \quad \text{pour} \quad x = 0;$$

ces solutions simples peuvent être mises sous la forme

$$I = K e^{-\delta t} \cos(\mu t + \varphi) \cos\sigma \frac{x}{l},$$

$$V = \sqrt{\frac{L}{\gamma}} K e^{-\delta t} \sin(\mu t + \varphi + \psi) \sin\sigma \frac{x}{l},$$

en posant

$$\delta = \frac{\rho}{2L}, \qquad \mu = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\gamma L l^2} - \frac{\rho^2}{4L^2}}, \qquad \operatorname{tang}\psi = -\frac{1}{\sqrt{\frac{L}{\gamma}\frac{4\sigma^2}{\rho^2 l^2} - 1}};$$

les coefficients σ sont imaginaires et sont déterminés par l'équation

$$\text{(E)} \qquad \gamma L k^2 \sigma(\sigma + h \operatorname{tang}\sigma)^2 + \gamma \rho l k(\sigma + h \operatorname{tang}\sigma) + \sigma = 0,$$

dans laquelle

$$k = \frac{1}{l} \frac{L}{\gamma(\lambda R - L\rho)} \qquad \text{et} \qquad h = \frac{\lambda l}{L}.$$

En pratique, k est très grand et h est inférieur à l'unité ; il en résulte que si $hg\sigma$ a un module assez petit, on pourra, au lieu de l'équation (E), considérer l'équation plus simple

$$\text{(E')} \qquad \sigma + h \operatorname{tang}\sigma = 0;$$

ceci revient à négliger la ou les racines de E qui sont inférieures à une certaine limite M, dont la grandeur dépend des constantes électriques de la ligne. On est toujours en droit de faire cette simplification, puisqu'en prenant pour σ les racines de l'équation (E'), on peut satisfaire aux conditions initiales.

On est ainsi conduit au théorème suivant :

Lorsqu'on ferme une ligne industrielle souterraine au moyen d'un interrupteur de tableau sur un transformateur sans capacité, les surtensions et surintensités qui se produisent ont très sensiblement la même période que si la ligne était ouverte à son extrémité.

Ce théorème présente de l'intérêt au point de vue de l'étude des résonances.

Si l'enroulement primaire du transformateur est composé de plusieurs couches superposées, il est nécessaire d'attribuer à cet enroulement un

coefficient de capacité linéaire, et l'introduction de ce coefficient, s'il est suffisamment élevé, a pour effet de rendre à peu près égales les surintensités et surtensions qui se produisent en deux points différents de la ligne.

Enfin, il peut être intéressant de tenir compte, dans certains cas, de la self-induction, de la résistance et de la capacité de l'alternateur, placé en tête de la ligne. Je me propose de donner les résultats de cette étude dans un Mémoire plus détaillé.

PHYSIQUE. — *Sur les courbes de saturation dans l'effet photoélectrique de Hertz.* Note de M. **Eugène Bloch**, présentée par M. J. Violle.

Dans une précédente Communication, j'ai exposé quelques-uns des résultats que j'ai obtenus dans l'étude de l'effet photoélectrique de Hertz. J'ai pu, en particulier, montrer l'influence de la longueur d'onde sur le phénomène et sur la classification des métaux qui en résulte. Toutes ces expériences avaient été faites dans l'air à la pression ordinaire et dans un champ électrique de l'ordre de 50 volts par centimètre.

Lorsque le champ électrique augmente, le courant photoélectrique croît également, mais en conservant le caractère commun à tous les courants d'ionisation, c'est-à-dire que son accroissement est moins rapide que celui du voltage. La courbe ainsi obtenue présente cependant une différence notable avec les courbes habituelles, dites *de saturation*. Le palier horizontal qui précède d'ordinaire la période d'ionisation par chocs est remplacé par une courbe nettement ascendante, ce qui revient à dire qu'une véritable saturation n'est jamais atteinte. Ce fait, qui avait été constaté dès le début par les auteurs (Stoletow, Von Schweidler, etc.), qui n'ont pas fait la décomposition spectrale des radiations employées, a pu être vérifié pour diverses longueurs d'onde prises isolément. Pour le zinc, par exemple, une série d'expériences faites avec la raie 313 de l'arc au mercure a conduit aux nombres suivants :

Champs en volts-centimètres.	Courants en unités arbitraires.
41	10
82	16,75
164	25,21
246	31,26
369	36,26
463	39,52

L'allure générale des courbes est indépendante du métal étudié. Mais sa forme peut changer légèrement avec l'état de la surface et avec la longueur d'onde employée. Je donnerai ailleurs les détails à ce sujet. Je me borne à indiquer ici que la saturation est généralement plus facile à approcher, pour les petites longueurs d'onde, que pour les grandes.

Enfin *le champ magnétique*, agissant à la pression ordinaire, abaisse, s'il est suffisamment intense, le courant photoélectrique, sans que la coube de saturation change de forme. Avec un champ de 10000 gauss et le zinc, la diminution est facilement de 14 pour 100. Cette action du champ magnétique était connue depuis longtemps pour les basses pressions.

On peut chercher à interpréter théoriquement la forme des courbes de saturation. Grâce aux précieuses indications de M. Langevin, il m'a été possible de soumettre au contrôle de l'expérience une théorie dans laquelle on considère les ions de l'effet Hertz, une fois produits aux dépens des électrons qui sortent du métal éclairé, comme ramenés partiellement vers lui par la diffusion, ce qui diminue le courant qu'on peut extraire du gaz. Les formules auxquelles on est conduit *concordent remarquablement avec les résultats expérimentaux*, ainsi qu'en témoigne l'exemple suivant. La première colonne donne les rapports successifs des courants observés dans l'exemple ci-dessus, la seconde colonne donne les rapports calculés dans l'hypothèse où l'émission des électrons se fait d'une manière homogène dans toutes les directions.

Rapports	
observés.	calculés.
1,675	1,67
1,505	1,51
1,24	1,22
1,16	1,17
1,09	1,08

On voit que la concordance a lieu au centième, ce qui est précisément la limite d'exactitude des expériences. Si l'on se place dans l'hypothèse d'une émission normale de tous les électrons, ou encore dans l'hypothèse d'une émission suivant la loi du cosinus, la même comparaison donne une concordance presque aussi bonne. En d'autres termes, la précision des expériences est suffisante pour confirmer l'exactitude du mécanisme indiqué ci-dessus pour rendre compte de la forme des courbes, mais elle ne permet pas de fixer, en outre, la nature de la loi d'émission corpusculaire.

On peut cependant aller plus loin. La même théorie permet de déduire des nombres précédents la valeur du parcours que les électrons, sortant du métal,

effectuent librement dans le gaz avant d'être arrêtés et transformés en ions négatifs ordinaires. Le nombre obtenu est $2,4.10^{-4}$ dans l'hypothèse de l'émission homogène. Or, la théorie cinétique des gaz permet, par des données thermiques, d'évaluer aussi le parcours moyen d'un électron, en ne tenant compte que de son mouvement d'agitation moléculaire. On trouve ainsi le nombre $0,57.10^{-4}$. Le fait que ce nombre est du même ordre de grandeur que le précédent et en même temps un peu inférieur, doit être considéré comme une nouvelle et importante confirmation de la théorie.

Enfin, dans un champ magnétique transversal, les trajectoires des corpuscules deviennent des hélices, ce qui oblige à apporter une correction aux formules utilisées. Le premier terme de cette correction a été calculé par M. Langevin; rapproché de la variation expérimentale, il permet d'évaluer la vitesse d'émission des corpuscules. On trouve ainsi un nombre de l'ordre de 5.10^7, c'est-à-dire en bon accord avec celui que Lenard a obtenu par mesure directe. C'est une nouvelle justification de la théorie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation des gaz par les actions de division mécanique des liquides; corps actifs et inactifs.* Note de M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

En 1892, Lenard (¹), pour rendre compte de l'électrisation de l'atmosphère au voisinage des chutes d'eau, rechercha si l'air, dans lequel on agite un liquide, est chargé; il trouva ainsi que l'air d'une bouteille, dans laquelle on a fortement secoué du mercure, est très notablement électrisé négativement. En dehors des solutions aqueuses, le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine lui parurent également communiquer de l'électricité à l'air environnant et prendre une charge complémentaire.

Depuis lors, plusieurs travaux ont établi que, dans le cas très analogue du barbotage d'un gaz à travers un liquide, il s'agissait d'une mise en suspension d'ions des deux signes et de mobilités diverses.

En 1907 (²) j'ai montré en particulier que, pour le barbotage, on trouve une différence très nette entre les divers liquides qu'on peut diviser en deux classes: les uns, actifs, donnent des centres à charge multiple (dont la mobilité est réduite par exposition au radium); les autres, inactifs, don-

(¹) LENARD, *Wied. Annalen*, 1892.
(²) *Bulletin de la Société française de Physique*, 21 juin 1907.

nant seulement des centres neutres (chargeables par des rayonnements ionisants).

Au premier groupe appartiennent : l'eau, les alcools, l'éther, l'acétone, l'aldéhyde, l'acide sulfurique, l'aniline, etc.

Le second groupe comprend la benzine, le toluène, le xylène, le tétrachlorure de carbone, le pentane, l'hexane, le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine, le chloroforme, etc.

Quant au mercure il ne donne, par barbotage, ni centres chargés, ni centres neutres.

Il semble donc que pour certains corps, le mercure, la térébenthine, le sulfure de carbone, l'agitation et le barbotage puissent conduire à des résultats différents.

Pour examiner ces divergences, j'ai repris une étude générale des procédés d'ionisation des gaz par les actions mécaniques de division exercées sur les liquides, telles que : barbotage, écrasement de jet, pulvérisation, agitation violente en vase clos.

Disons de suite que tous ces procédés conduisent encore, comme nous l'avons déjà dit, à diviser les liquides en deux groupes : les uns actifs, les autres inactifs, et que ces deux groupes semblent bien être identiques, quel que soit le procédé mécanique employé, *les divergences apparentes provenant de la plus ou moins grande sensibilité que le phénomène offre à la présence de traces d'eau.*

a. Barbotage. Je ne reviendrai pas sur les résultats déjà publiés [1].

b. Agitation.

Un appareil à violente agitation mécanique a été réalisé en montant un ballon de verre sur une tige animée d'un mouvement de va-et-vient très rapide (500 à 1000 oscillations par minute); nous allons donner quelques détails sur le cas du mercure, parce qu'il est intéressant.

On met une petite quantité de ce métal dans le ballon; on agite et l'on fait passer un courant d'azote sec et filtré qui est ensuite dirigé dans les appareils de mesure en traversant un deuxième ballon où l'on peut pointer le faisceau d'un arc.

On observe d'abord une ionisation assez intense provenant d'ions des deux signes, mais avec une prédominance marquée des charges négatives; ceci correspond vraisemblablement au phénomène observé par Lenard; mais un faisceau lumineux décèle, en même temps, dans le gaz la présence de fines particules en suspension qui constituent le véhicule des charges électriques; *ces particules sont de l'eau* provenant des couches d'humidité adhérentes aux diverses surfaces : mercure, verre, etc. A mesure

---

[1] De Broglie, *Le Radium*, 1907; *Journal de Physique*, 1910.

que le courant d'azote dessèche ces surfaces (ce que l'agitation favorise beaucoup), le faisceau tend à disparaître en même temps que l'ionisation.

On pouvait se demander si une émanation radioactive contenue dans le mercure n'aurait pas, au début, pu produire les charges constatées; outre qu'on peut s'en assurer directement, le seul fait que les charges observées soient *multiples* et que des centres neutres mis en suspension dans le gaz ne se chargent pas en traversant le mercure, montre qu'il faut éliminer cette explication.

Si l'azote est remplacé par un courant d'air sec, le mercure s'attaque et l'on voit dans le gaz une suspension de poussières d'oxyde formé par voie chimique *en milieu sec;* ces poussières ne sont pas chargées.

D'autres liquides, de l'eau, des alcools, etc., agités dans ces conditions, donnent un gaz ionisé, analogue au gaz de barbotage; de même, les liquides inactifs par barbotage restent inactifs par agitation mécanique, à condition qu'ils soient suffisamment anhydres (¹).

c. Le brisement d'un jet liquide (très analogue à l'écrasement des gouttes, étudié en particulier par Aselmann dans le cas des solutions aqueuses) donne des résultats similaires. Nous avons employé un jet fin, mais homogène, de liquide sous pression se brisant sur une paroi de verre au sein du gaz à ioniser; on trouve toujours la même division en liquides actifs et inactifs.

d. La pulvérisation, étudiée par Elster et Geitel et récemment par M. L. Bloch (²), conduit à une division analogue; ces résultats sont en accord avec ceux que nous avons obtenus par un procédé un peu différent; toutefois l'influence de l'eau a là un rôle important; ainsi la térébenthine et même la benzine peuvent donner des charges quand elles contiennent des traces de ce liquide.

On est ainsi conduit à penser qu'il faut, peut-être, rapporter l'activité des liquides, tels que l'éther, l'aniline et même les alcools, à l'eau dont il est presque impossible de les séparer complètement. Le fait que les liquides inactifs donnent des centres neutres susceptibles d'être chargés par la présence de faibles traces de liquides actifs explique bien comment l'activité d'un mélange d'eau et d'éther, par exemple, peut être plus forte que celle de l'eau, tandis que l'éther, tout à fait anhydre, serait peut-être inactif;

(¹) Ces phénomènes sont intéressants au point de vue de l'électrisation par frottement entre solides et liquides.

(²) *Comptes rendus*, 1er semestre 1910, p. 967.

dans cet ordre d'idées, il convient de citer le fait que l'éther devient moins actif quand on vient de le dessécher avec du sodium.

En résumé, l'ionisation des gaz, par action mécanique de division des liquides, présente les mêmes caractères quel que soit le procédé employé et met toujours en évidence les deux catégories de liquides actifs et inactifs que j'ai signalées en 1907, l'activité étant peut-être liée à la présence de l'eau dans les corps qui présentent cette propriété.

Quant à l'origine de l'électrisation, j'ai déjà eu l'occasion de la rattacher à la rupture des surfaces liquides (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'effluve sur le chloroforme et le tétrachlorure de carbone en présence de l'hydrogène, ainsi que sur le chlorure de méthyle.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Dans les *Beritche* du mois de novembre dernier (p. 4398), M. Losanitsch a publié le résultat de recherches qu'il a faites sur l'action de l'effluve sur le chloroforme; le produit oléagineux condensé, soumis à la distillation dans un courant d'hydrogène, lui a fourni un liquide huileux auquel il a attribué la composition $C^6H^2Cl^{12}$ et un corps solide identifié avec C^2Cl^6. L'opération ne semble avoir porté que sur de faibles quantités de matière, si l'on en juge par le procédé de séparation sommaire auquel l'auteur s'est borné.

Le présent travail était en cours à cette époque et nous nous sommes astreints à préparer des quantités importantes de produit, de façon à pouvoir faire une séparation rationnelle des composants. Nous avons entraîné le chloroforme chauffé au bain de valvoline vers 70°-75° par un courant d'hydrogène pur; nous avons recueilli un liquide oléagineux de couleur rougeâtre (couleur teinture de campêche concentrée), doué d'une odeur désagréable que nous avons soumis à des distillations fractionnées, à la pression atmosphérique pour les parties les plus volatiles, sous vide pour les parties plus fixes. La séparation des constituants est rendue très ardue, tant par suite de leur nombre que de leur entraînement réciproque, et ce n'est que par de multiples fractionnements que nous sommes arrivés à une séparation

(¹) J.-J. Thomson, *Conduction of Electrity through gazes.* — De Broglie et Brizard, *Comptes rendus*, 1er semestre 1909, p. 1596.

satisfaisante des différents composants; leur identité a été établie tant par leur point d'ébullition que par l'analyse. Les premiers produits sont incolores, les suivants sont jaune clair, les termes ultimes sont rougeâtres; la matière colorante semble prendre naissance par l'action de l'oxygène de l'air sur les produits très condensés; elle se dépose parfois sur les parois des vases sous forme d'un enduit violacé soluble dans les solvants organiques auxquels elle communique une couleur jaune rougeâtre.

Nous avons ainsi séparé du produit brut de condensation les constituants suivants :

1° Un liquide distillant vers 75° (CCl^4);

2° Un liquide distillant vers 120° (C^2Cl^4) :

$$2CHCl^3 = 2HCl + C^2Cl^4;$$

3° Un liquide distillant vers 160° (C^2HCl^5) :

$$2CHCl^3 = HCl + C^2HCl^5;$$

4° Un corps solide distillant vers 185° (C^2Cl^6) :

$$2CHCl^3 = 2H + C^2Cl^6;$$

5° Un liquide distillant vers 210° (C^3Cl^6) :

$$3CHCl^3 = 3HCl + C^3Cl^6;$$

6° Un liquide oléagineux distillant vers 120° sous 15^{mm} de pression et vers 245° à la pression atmosphérique, avec décomposition partielle et dégagement de HCl (C^3HCl^7) :

$$3CHCl^3 = 2HCl + C^3HCl^7;$$

7° Un liquide très visqueux distillant vers 155° sous 15^{mm} et vers 275° à la pression atmosphérique (C^4Cl^8) :

$$4CHCl^3 = 4HCl + C^4Cl^8.$$

Tels sont les principaux produits formés qui peuvent être considérés comme des dérivés chlorés des carbures C^nH^{2n+2} et C^nH^{2n}; nous avons dû négliger de petites quantités de produits très visqueux distillant à température plus élevée que C^4Cl^8. On voit que la formation de ces corps s'explique rationnellement à partir de $CHCl^3$, sauf pour CCl^4 dont la genèse est cependant indubitable. La formation de CCl^4 semble connexe de celle d'un composé plus hydrogéné que ceux que nous avons cités précédemment et

qui distillerait au voisinage de 150° à la pression atmosphérique; nous n'avons pas pu l'isoler d'une façon certaine, mais il est à penser qu'il s'agit du perchlorure d'acétylène $C^2H^2Cl^4$ qui distille à 147° : la formation simultanée de ces deux corps s'expliquerait alors par l'équation

$$3CHCl^3 = HCl + CCl^4 + C^2H^2Cl^4.$$

La proportion des différents constituants est très inégale; en tout cas, c'est C^2Cl^6 qui prédomine. Nous ferons enfin remarquer que le résidu du chloroforme employé, qui est resté soumis à l'action de la chaleur au bain de valvoline vers 70°-75° pendant un mois environ est un liquide noirâtre (100$^{cm^3}$ environ) qui, soumis à la distillation, fournit une gamme de produits distillant de +70° à la pression atmosphérique jusqu'à +150° et au delà dans le vide; il en résulte que le chloroforme subit à cette température une décomposition lente sous l'action de la chaleur seule (en présence de l'hydrogène) en donnant des produits semblables à ceux que donne l'effluve. On pourrait supposer que ces produits proviennent du reflux des appareils à effluves, mais cette hypothèse est inadmissible, car le courant continu d'hydrogène s'y oppose et, si ce retour des vapeurs était possible pour les produits les plus volatils, il n'en serait pas de même pour les produits fortement condensés qui sont très peu volatils dans les conditions de l'expérience.

L'hydrogène et les vapeurs de tétrachlorure de carbone CCl^4 donnent, sous l'action de l'effluve, à peu près les mêmes produits que le chloroforme; nous avons pu notamment isoler et identifier les corps C^2Cl^4, C^2HCl^5, C^2Cl^6 très abondant, puis C^4Cl^8. distillant vers 210° à la pression atmosphérique un liquide qui correspondrait à la composition $C^4H^2Cl^6$. Ce qui est surtout intéressant à noter, c'est que si l'effluve décompose les composés hydrochlorés du carbone, inversement elle peut, en présence d'hydrogène, donner des produits de substitution hydrogénés.

Les vapeurs de chlorure de méthyle CH^3Cl dirigées (sans hydrogène) dans une série de tubes à effluves disposés en batterie se condensent en un liquide oléagineux noirâtre qui se différencie nettement au point de vue des propriétés physiques du produit obtenu avec le chloroforme, il a une odeur éthérée qui rappelle celle du chloroforme. La distillation, d'abord à la pression atmosphérique puis sous pression réduite, donne des liquides parfaitement incolores. Nous avons pu en extraire successivement, d'abord par fractionnement à la pression atmosphérique :

1° Un liquide distillant à 84°-86° auquel l'analyse conduit à attribuer la composition $C^2H^4Cl^2$: $2CH^3Cl = 2H + C^2H^4Cl^2$, c'est le chlorure d'éthylène;

2° Un liquide distillant à 154°-156°, c'est $C^3H^5Cl^3$ homologue supérieur de $C^2H^4Cl^2$ ($CH^2Cl - CHCl - CH^2Cl$) : $3CH^3Cl = 4H + C^3H^5Cl^3$.

La suite du fractionnement a été faite sous pression réduite, car à la pres-

sion atmosphérique il y a une notable décomposition (avec dégagement de HCl), mais la séparation des produits ultérieurs qui distillaient sous 15^{mm}, depuis 70° jusqu'à plus de 200°, a présenté des difficultés extraordinaires, non par manque de produit que nous avions en assez grande abondance, mais parce que la suite des fractionnements ne conduisait à aucun résultat effectif; après une trentaine de fractionnements sous des formes variées, nous avions des fractions à peu près égales s'échelonnant (sous 15^{mm}) de 10° en 10°, de 70° à 160° et au delà. L'analyse de ces différentes fractions donne des nombres très voisins qui varient d'abord progressivement de la composition correspondant à $C^3H^5Cl^3$ à celle correspondant à $C^4H^5Cl^3$ qui distille vers 135° sous 15^{mm}; nous avons retiré ce corps de la fraction (130°-140°) sous 15^{mm} où une certaine accumulation de liquide était manifeste, $4CH^3Cl = HCl + 6H + C^4H^5Cl^3$. Enfin, les fractions supérieures s'acheminent vers la composition $C^4H^6Cl^4$, sans l'atteindre, pour la dernière fraction isolée vers 180° sous 15^{mm}.

En généralisant ces résultats, on en déduit que l'effluvation du chlorure de méthyle donne naissance à deux séries de produits, les uns se rattachent à la série saturée (chlorure d'éthylène et homologues supérieurs par CHCl), les autres à la série éthylénique différant des précédents par HCl en moins, mais dont nous n'avons isolé qu'un représentant $C^4H^5Cl^3 = C^4H^6Cl^4 - HCl$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les isomères de quelques γ-glycols acétyléniques.* Note de M. G. **Dupont**, présentée par M. A. Haller.

A. Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué comment, du produit de la réaction de Jotsitch, j'avais pu extraire les deux isomères de l'*hexine-3-diol-2.5*. J'ai, depuis, poursuivi l'étude des isomères de quelques autres γ-glycols acétyléniques de formule générale :

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!COH - C \equiv C - COH\!<\!\!\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix},$$

dans lesquels la présence de deux carbones asymétriques fait encore prévoir l'existence de deux isomères stéréochimiques.

I. *Isomères du glycol :* $CCl^3 - CHOH - C \equiv C - CHOH - CCl^3$. — Obtenu par l'action du chloral sur le dibromomagnésium-acétylène [2], il se présente, après

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1381.

(2) Jotsitch, *Journ. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXIV, p. 242-244.

cristallisation dans l'eau, sous forme d'une masse cristalline fondant mal vers 130°. Ce corps a été soumis à des dissolutions fractionnées dans le tétrachlorure de carbone bouillant.

1° Les parties les moins solubles, recristallisées dans le toluène, m'ont donné un *premier isomère* en longues aiguilles soyeuses fondant à 135° (c'est sensiblement le corps signalé par Jotsitch);

2° Les parties les plus solubles dans le tétrachlorure de carbone ont été dissoutes, à l'ébullition, dans de l'alcool étendu de 5 ou 6 fois son poids d'eau. Il se forme deux phases : la couche supérieure décantée abandonne, par refroidissement, des cristaux d'un *deuxième isomère* fusible à 117°,5-118°.

Le premier isomère donne, avec l'anhydride acétique, une *diacétine* fondant à 66°-67° et, avec le chlorure de benzoyle, une *dibenzoïne* fusible à 110°-112°.

Le deuxième isomère donne une *diacétine* fusible à 54°-55° et une *dibenzoïne* fusible à 95°-96°.

II. *Isomères du glycol :* $C^6H^5 - CHOH - C \equiv C - CHOH - C^6H^5$. — Le produit de l'action de l'aldéhyde benzoïque sur le dibromomagnésium-acétylène (¹), détruit par l'eau acidulée, a été lavé abondamment à l'éther. Une quantité assez abondante de matière reste non dissoute.

1° Cette fraction, cristallisée dans l'alcool donne, directement un *premier isomère* fondant à 142°;

2° L'éther de lavage, d'autre part, abandonne, à la distillation, un abondant résidu cristallin qui, cristallisé dans l'eau bouillante, puis dans l'alcool, fournit le *deuxième isomère* fusible à 103°-104°.

Traité par le brome, le premier isomère fournit un corps à consistance de miel, duquel je n'ai pu retirer qu'une très faible quantité de cristaux fondant à 172°. Le deuxième, au contraire, fournit presque uniquement un *dibromure* cristallisable en belles paillettes fondant à 182°.

Le premier isomère donne une *diacétine* fondant à 88°; le deuxième une *diacétine* fondant à 56°-57°.

III. *Isomères du glycol :* $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!COH - C \equiv C - COH\!<\!\!\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}$. — Ce glycol a été préparé à partir de l'acétophénone (²). Comme dans le cas précédent, une partie du

(¹) Jotsitch, *Journ. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXV, p. 1269-1275.
(²) Jotsitch, *Journ. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXVIII, p. 656-659.

produit, fourni par le magnésium, résiste à la dissolution par un abondant lavage à l'éther :

1° Cette fraction, cristallisée dans l'alcool, fournit un *premier isomère* fusible à 163°;

2° La masse cristalline extraite, d'autre part, de l'éther de lavage, a été soumise à des dissolutions fractionnées dans l'éther. Les parties les plus solubles ont été cristallisées dans l'alcool étendu, bouillant, puis dans le toluène. On obtient ainsi un *deuxième isomère* fusible à 125°-127°.

Ces deux corps fixent lentement 2^{at} de brome pour donner des *dibromures* fondant, le premier à 124°, le deuxième à 99°.

Ces isomères, comme ceux des glycols précédents, diffèrent fortement par leur solubilité dans les différents solvants : les seconds isomères sont, en général, beaucoup plus solubles que les premiers. Dans l'éther, par exemple, la solubilité à 16° des glycols issus de l'aldéhyde benzoïque est de 1,10 pour 100 pour le premier isomère et de 16,3 pour 100 pour le deuxième; pour les glycols issus de l'acétophénone, ces solubilités sont, respectivement, de 1,04 et 11,56 pour 100.

B. Je me suis attaché, dans cette Note, à mettre en évidence les différences existant entre ces corps qui présentent, deux à deux, à l'analyse, la même composition. L'étude des produits d'oxydation, étude que je réserve pour une prochaine Communication, prouve, d'autre part, que ces corps correspondent, deux à deux, aux mêmes formules symétriques indiquées. Ce sont donc bien les isomères stéréochimiques que faisait prévoir la théorie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des amines secondaires avec l'éther γ-bromodiméthylacétylacétique.* Note de MM. **H. Gault** et **G. Thirode**, présentée par M. A. Haller.

Les éthers acétylacétiques, substitués ou non, fournissent, par action directe des halogènes, des dérivés α- ou γ-monohalogénés susceptibles, tout au moins pour un certain nombre d'entre eux, de se combiner aux amines avec formation des dérivés aminés correspondants. Nous avons entrepris, en nous limitant au cas des amines secondaires, l'étude de cette réaction qui conduit à des résultats particulièrement simples dans le cas des éthers αα-dialcoylacétylacétiques : il ne peut, en effet, se former dans ces conditions qu'un seul dérivé monohalogéné, sans qu'aucune transposition ultérieure soit à redouter. C'est l'exposé de nos recherches sur la condensation des amines

secondaires avec l'éther γ-bromodiméthylacétique qui forme l'objet de cette Note.

L'éther γ-bromodiméthylacétylacétique se prépare très facilement (¹) par action directe du brome sur l'éther diméthylacétylacétique. Le produit brut obtenu est, après lavages répétés, distillable dans le vide sans décomposition appréciable et bout à 113°-114° sous 12^{mm}.

Alors que les amines primaires se combinent à l'éther γ-bromodiméthylacétylacétique (²) en donnant naissance, par élimination simultanée d'acide bromhydrique et d'alcool, à des dialcoylcétopyrrolidones, les amines secondaires, comme il était aisé de le prévoir, se condensent, au contraire, normalement en conduisant aux dérivés aminés correspondants.

Nous avons condensé successivement l'éther γ-bromodiméthylacétylacétique avec la diéthylamine et l'éthylaniline.

Éther γ-diéthylaminodiméthylacétylacétique

$$(C^2H^5)^2N - CH^2 - CO - C(CH^3)^2CO\,OC^2H^5.$$

On dissout 1^{mol} de l'éther γ-bromé dans l'éther absolu et l'on ajoute avec précaution et par petites quantités une solution de 2^{mol} de diéthylamine dans l'éther absolu. La réaction est très vive et doit être effectuée à 0° dans un ballon surmonté d'un réfrigérant suffisamment puissant pour éviter toute perte de diéthylamine. Le bromhydrate de diéthylamine se précipite immédiatement : il suffit, au bout de quelques heures, de l'essorer pour obtenir avec un rendement quantitatif une solution éthérée de l'éther γ-diéthylaminé. Pour éliminer les dernières traces d'éther γ-bromé, il est commode, après lavages à l'eau, d'épuiser cette solution éthérée à l'acide sulfurique étendu. L'aminoéther se dissout, la solution sulfurique est lavée à l'éther, puis neutralisée au carbonate de soude : l'éther γ-diéthylaminoacétylacétique est repris à l'éther, lavé à l'eau, puis distillé. Il bout sans décomposition à 118° sous 14^{mm}.

Les essais que nous avons effectués pour obtenir des dérivés cristallisés de cet éther, en particulier la phénylhydrazone et la pyrazolone, sont restés sans résultats. Lorsqu'on chauffe directement le mélange d'aminoéther et de phénylhydrazine entre 130° et 150°, on observe un dégagement de diéthylamine, indice d'une décomposition complète.

Éther-γ-éthylanilinodiméthylacétylacétique

$$C^6H^5(C^2H^5)N - CH^2 - CO - C(CH^3)^2COO\,C^2H^5.$$

On chauffe 30 minutes au bain-marie un mélange de 1^{mol} d'éther γ-bromé et de 2^{mol} d'éthylaniline. Au bout de quelques minutes, le bromhydrate d'éthylaniline commence à se précipiter et l'on obtient finalement une masse cristalline qu'il suffit de reprendre

(¹) Conrad et Kreichgauer, *Berichte*, t. XXX, p. 856.

(²) Conrad et Hock, *Berichte*, t. XXXII, p. 1200.

à l'éther absolu et d'essorer. La solution éthérée de l'éther γ-éthylanilinodiméthylacétylacétique est ensuite traitée comme il vient d'être indiqué pour l'éther γ-diéthylaminé. L'éther γ-éthylanilinodiméthylacétylacétique bout sans décomposition à 189° sous 13^{mm}. Rendement quantitatif.

Éthylanilinométhyldiméthylphénylpyrazolone

$$\begin{array}{l} C^6H^5(C^2H^5)N-CH^2-C-C(CH^3)^2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad \| \quad\ \ \rangle CO \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad N-N(C^6H^5). \end{array}$$

Il nous a été impossible d'isoler la phénylhydrazone correspondant à cet éther : on obtient directement par action de la phénylhydrazine sur le γ-éthylanilinoéther, et avec un rendement quantitatif, la pyrazolone correspondante stable même à la température de 200°, sous forme de petits cristaux incolores, recristallisant dans l'alcool et fondant à 77°. Cette pyrazolone possède une constitution voisine de celle du pyramidon.

Ces éthers aminoacétylacétiques jouissent de la propriété caractéristique des éthers β-cétoniques, aussi bien d'ailleurs que les cétopyrrolidones de Conrad, de se dédoubler, sous l'influence des acides étendus à l'ébullition, en donnant naissance aux aminocétones correspondantes.

Diéthylaminométhylisopropylcétone $(C^2H^5)^2N-CH^2-CO-CH\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}$. On dissout l'éther γ-diéthylaminodiméthylacétylacétique dans l'acide chlorhydrique étendu et l'on porte la solution obtenue à l'ébullition. On recueille la quantité théorique d'anhydride carbonique et, après évaporation presque intégrale au bain-marie dans le vide et neutralisation ultérieure au bicarbonate de potasse, on obtient la diéthylaminométhylisopropylcétone sous forme d'un liquide incolore bouillant à 75° sous 14^{mm}, à 182° sous la pression atmosphérique.

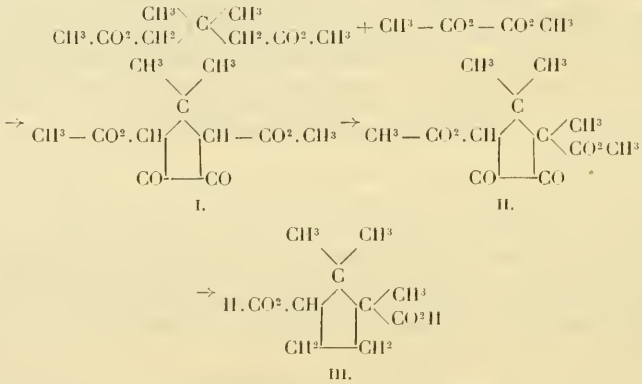
Éthylanilinométhylisopropylcétone $C^6H^5(C^2H^5)NCH^2-CO-CH\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}$. — On traite l'éthylanilinoéther comme il a été indiqué pour l'éther précédent. On obtient ainsi l'éthylanilinométhylisopropylcétone, liquide se colorant assez rapidement en jaune à la lumière et bouillant à 154° sous 14^{mm}.

Ces deux cétones se combinent à la phénylhydrazine, mais, dans le cas de l'éthylanilinométhylisopropylcétone seule, on obtient une phénylhydrazone cristallisée fondant, après recristallisation dans l'alcool, à 87°. Cette phénylhydrazone est d'ailleurs elle-même peu stable et se décompose intégralement, même dans le vide, au bout de deux ou trois jours.

Nous avons l'intention de poursuivre nos recherches dans cette voie et nous nous proposons, en particulier, après avoir étudié successivement les principaux termes des éthers acétylacétiques, d'appliquer la réaction de Grignard aux aminocétones formées dans le but d'obtenir des aminoalcools à fonction alcoolique tertiaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le produit de la méthylation de l'éther dicétoapocamphorique de M. G. Komppa.* Note de MM. **J.-F. Thorpe** et **G. Blanc**, présentée par M. A. Haller.

En l'année 1903 (¹), M. Komppa annonça, dans une très courte Note, qu'il avait réalisé la synthèse de l'acide camphorique par la série de réactions suivantes : L'oxalate de méthyle se condense avec l'éther ββ-diméthylglutarique pour fournir le dicétoapocamphorate de méthyle (I). Ce dernier, par méthylation, puis réduction, est converti en acide camphorique.



Ce ne fut seulement que l'an dernier (²) que parut le Mémoire *in extenso* renfermant tous les détails relatifs à cet important travail, et entre autres ceux qui concernent l'*éther dicétocamphorique* (II), matière première de la synthèse de l'acide camphorique.

Nous avons répété le travail de M. Komppa et nous avons pu obtenir sans difficultés marquées cet éther, qui se présente, ainsi que M. Komppa l'a annoncé, en cristaux définis, fusibles à 85°-88°.

Or, ce corps (II) n'a pas la constitution que lui attribue cet auteur.

Lorsqu'on le traite par une dissolution faible de potasse, il entre en solution. Si, à cette solution, on ajoute un excès de potasse concentrée, il se précipite peu à peu un

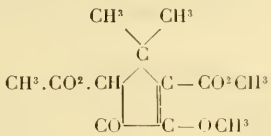
(¹) *D. ch. Ges.*, t. XXXVI, p. 4332.

(²) *Lieb. Ann.*, 1909, t. CCCLXVIII, p. 126, et t. CCCLXX, p. 209.

sel insoluble. Ce sel, dissous dans l'eau et traité par un acide, régénère l'*éther dicéto-apocamphorique*, et non l'éther dicétocamphorique (rendement : 50 pour 100, par rapport au supposé éther dicétocamphorique). D'autre part, les eaux mères d'où ce sel de potassium s'est déposé contiennent une quantité considérable d'acide ββ-diméthylglutarique fondant à 102°, qu'on extrait facilement par acidification et épuisement à l'éther (correspondant à 40 pour 100 de la substance fusible à 85°-88°).

On n'a pu déceler la plus petite trace d'acide αββ-triméthylglutarique.

Ces faits montrent à l'évidence que l'éther dicétocamphorique de M. Komppa possède la constitution



C'est donc en réalité un composé contenant un enchaînement de 9^at^ de carbone et l'on ne voit pas bien comment la réduction d'un tel corps peut conduire à l'acide camphorique, qui est en C^{10}.

Nous ajouterons que, pour obtenir la substance fusible à 85°-88°, nous nous sommes placés rigoureusement dans les conditions données par M. Komppa; il ne peut donc pas être question d'une différence de constitution entre la substance fusible à 85°-88° décrite par cet auteur et la substance fusible à 85°-88° obtenue par nous.

Peut-être, après tout, M. Komppa a-t-il omis, dans son Mémoire, un détail important, absolument indispensable, pour arriver au résultat qu'il a indiqué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'essence de térébenthine.* Note de M. **G. Vavon**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, 29 novembre 1909) j'ai indiqué qu'en agitant de l'essence de térébenthine dans une atmosphère d'hydrogène en présence de noir de platine, on obtenait un carbure actif de formule $C^{10}H^{18}$. Cette essence n'étant pas un corps homogène, je me suis proposé d'hydrogéner les différentes fractions fournies par la distillation du produit commercial et de comparer entre eux les hydrures ainsi obtenus.

J'ai opéré sur trois échantillons différents : essences française, allemande et américaine dont les pouvoirs rotatoires sont respectivement de $-36^\circ,9$, $+14^\circ$ et -1° pour la raie jaune du mercure $\lambda = 578$. Les distillations ont été faites dans le vide à l'aide d'un tube Otto à cinq boules. Chaque échantillon a été rectifié plusieurs fois afin d'éliminer les corps bouillant au-dessus de 165°. Les fractionnements et l'hydrogénation ont porté sur la partie de l'essence qui distille entre 155° et 165° et qui comprend au moins les $\frac{9}{10}$ du produit commercial.

Toutes ces fractions m'ont donné avec un rendement quantitatif le même hydrure (ébullition 166°; solidification -15°; densité $d_{15}^{15} = 0,861$). Seul le pouvoir rotatoire s'est montré variable, ses valeurs restant comprises entre $+23^\circ,8$ et $-23^\circ,8$.

Essence française (rotations sous 20^{cm} pour $\lambda = 578$) :

Essences.....	$-76^\circ,5$	-65°	$-52^\circ,5$	$-39^\circ,6$
Hydrures.....	$-37^\circ,5$	$-38^\circ,3$	$-38^\circ,9$	$-40^\circ,6$

Essence allemande :

Essences.....	$+47^\circ,2$	$+34^\circ,5$	$+22^\circ,1$	$+5^\circ$	$-7^\circ,5$	$-16^\circ,7$	-28°
Hydrures....	$+22^\circ,3$	$+12^\circ,4$	$+3^\circ,1$	$+9^\circ,1$	$-18^\circ,2$	$-25^\circ,4$	-32°

Essence américaine :

Essences....	$+13^\circ,8$	$+7^\circ,2$	$-1^\circ,2$	-9°	$-17^\circ,7$	$-26^\circ,9$	$-33^\circ,4$
Hydrures...	$+5^\circ,8$	0	$-7^\circ,5$	$-14^\circ,7$	$-21^\circ,9$	-30°	$-35^\circ,7$

Si l'on porte sur deux droites parallèles les valeurs des pouvoirs rotatoires des essences et de leurs hydrures, en joignant deux à deux les points correspondants, on obtient des droites sensiblement concourantes. Ce résultat s'explique aisément à condition d'admettre que l'essence est formée par le mélange de deux corps seulement donnant tous deux le même hydrure.

Soient, en effet, OA et OB les pouvoirs rotatoires de deux essences; O'A', O'B' ceux de leurs hydrures; si l'on mélange ces essences en proportion y et x on obtient un corps de pouvoir rotatoire OM tel que $\frac{MA}{MB} = \frac{y}{x}$ (règle de Biot); le pouvoir rotatoire de son hydrure est de même O'M' tel que $\frac{M'A'}{M'B'} = \frac{y}{x}$; il en résulte que $\frac{MA}{MB} = \frac{M'A'}{M'B'}$. Donc les trois droites AA', BB' et MM' sont bien concourantes.

L'examen des faisceaux de droites ainsi obtenus montre que les essences étudiées, gauche, droite ou presque inactive, contiennent le même β pinène gauche, tandis que l'α pinène s'y trouve mélangé à son inverse optique en

proportions variables. On peut d'ailleurs trouver le pouvoir rotatoire des pinènes α et β et par suite en déduire la composition de l'échantillon considéré (pour la partie qui distille entre 155° et 165°).

En effet, le pouvoir rotatoire du β pinène est déterminé par la droite correspondant à l'hydrure $[\alpha]_D = -23°,8$.

L'α pinène $[\alpha]_D = 50°,5$ donne un hydrure $[\alpha]_D = 23°,8$; si on le mélange à son inverse optique, le rapport entre les pouvoirs rotatoires du mélange et de son hydrure est encore de $\frac{50,5}{23,8}$. La droite du faisceau pour laquelle ce rapport est vérifié donne le pouvoir rotatoire de l'α pinène.

On trouve ainsi (rotations sous 20^{cm}) :

Essence française.

α pinène $[\alpha]_D = -79°$	63 pour 100
β pinène $[\alpha]_D = -39°,6$	37 »

Essence allemande.

α pinène $[\alpha]_D = +48°$	73 pour 100
β pinène $[\alpha]_D = -39°,5$	27 »

Essence américaine.

α pinène $[\alpha]_D = +15°$	72 pour 100
β pinène $[\alpha]_D = -38°,5$	28 »

On voit ainsi que le β pinène se trouve en quantité notable dans l'essence de térébenthine. J'ai cherché à l'isoler. Après de nombreux et longs fractionnements effectués sur 20^{kg} d'essence française, j'ai pu retirer un carbure de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -22°,7$ distillant à 164°. Il se solidifie à $-50°$; sa vitesse de cristallisation à $-70°$ est de 70^{mm} par minute, vitesse bien supérieure à celle des fractions voisines de pouvoir rotatoire, soit inférieur, soit supérieur. Par hydrogénation, il fournit un carbure $[\alpha]_D = -23°,5$ symétrique de celui que donne l'essence de pin d'Alep, qui est de l'α pinène pur (Darmois, *Comptes rendus*, 2 novembre 1909). Avec ce dernier on obtient, en effet, un hydrure pour lequel $[\alpha]_D = -23°,8$.

En résumé :

1° Les pinènes α et β donnent le même hydrure;

2° Ce sont les deux seuls constituants de la fraction 155-165 de l'essence de térébenthine;

3° L'hydrogénation des essences droites ou gauches montre que le

β pinène gauche y est contenu en quantité massive et permet d'en déterminer la proportion.

Ces résultats confirment les conclusions auxquelles est arrivé M. Darmois par l'étude du pouvoir dispersif des essences (*loc. cit.*).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation partielle des acides de la série stéarolique et sur l'isomérie de leurs dérivés monoiodhydriques.* Note de MM. **A. Arnaud** et **S. Postervak**, présentée par M. L. Maquenne.

1. La réduction incomplète des acides gras de la formule générale $C^nH^{2n-4}O^2$, en vue de leur transformation en acides de la série $C^nH^{2n-2}O^2$, n'a pas encore été réalisée. Overbeck [1] essaya en vain de revenir de l'acide stéarolique à l'acide oléique. Holt [2] annonça la possibilité de transformer l'acide béhénolique en acide brassidique par la poudre de zinc et l'acide acétique en présence de quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré. Nous avons repris ces dernières expériences et n'avons pas réussi, dans les conditions indiquées par l'auteur, à obtenir une quantité appréciable d'acide brassidique. Nous avons retrouvé la totalité de l'acide béhénolique mis en œuvre, sans aucune altération. Les acides stéarolique et taririque se sont comportés de même.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'hydrogéner partiellement ces acides par réduction de leurs dérivés monoiodhydriques. En effet, en faisant passer un courant de gaz iodhydrique sec dans l'acide gras fondu jusqu'à ce que le poids du gaz retenu corresponde à 1^{mol} HI pour 1^{mol} d'acide, et en chauffant le dérivé iodhydrique formé avec de la poudre de zinc et de l'acide acétique cristallisable pendant 12 à 24 heures, nous sommes arrivés à préparer avec l'acide stéarolique de l'acide élaïdique, avec l'acide taririque un nouvel isomère de l'acide élaïdique, acide *tarélaïdique* et, enfin, avec l'acide béhénolique, de l'acide brassidique. Les rendements sont satisfaisants.

L'*acide élaïdique* $\Delta_{9,10}$ — $C^{18}H^{34}O^2$, obtenu par réduction du dérivé monoiodhydrique de l'acide stéarolique, cristallise dans l'alcool en minces lamelles oblongues, se formant par soudure de lamelles rhombiques, et atteignant souvent la longueur de 2^{cm} à 3^{cm}. L'aspect différent de l'acide élaïdique ordinaire semble être dû aux impuretés qu'il tient de l'acide oléique et dont il est très difficile de le débarrasser complè-

(1) *Annalen der Chemie*, Bd. CXL, 1866, p. 41.

(2) *Berichte d. deutsch. chem. Gesell.*, Bd. XXV, 1892, p. 962.

tement. Point de fusion : 44°,5 - 45° en conformité avec celui indiqué dernièrement par Lewkowitch [1]. Oxydé par le permanganate de potasse en solution alcaline, il donne l'acide (9, 10, cis) dioxy-stéarique $C^{18}H^{36}O^4$ fondant dans un tube capillaire à 95°,5, température à laquelle fond également l'acide obtenu par oxydation de l'acide élaïdique ordinaire.

Acide tarélaïdique ou élaïdique $\Delta_{6,7}$ — $C^{18}H^{34}O^2$. Petits prismes compacts fondant à 52°,5. Ne prend pas l'iode en solution acétique, fixe 2at de brome, pareil en cela aux acides élaïdique et brassidique.

Par oxydation à froid, en solution alcaline, par le permanganate de potasse, il fournit l'*acide* (6, 7, *cis*) *dioxy-stéarique* $C^{18}H^{36}O^4$: lamelles rectangulaires, peu solubles dans l'éther, presque insolubles dans l'alcool froid, assez solubles dans l'alcool chaud. Point de fusion : 117°,5.

L'*acide brassidique* $C^{22}H^{42}O^2$, préparé par réduction du dérivé monoiodhydrique de l'acide béhénolique, ressemble tout à fait à l'acide brassidique connu. Il fond un peu au-dessus de 60°.

Le mode d'obtention des acides de la série élaïdique qui vient d'être indiqué apporte une nouvelle preuve de la configuration *cis* qui leur fut attribuée, il y a longtemps déjà, par Wislicenus, à la suite de considérations d'un ordre tout différent.

II. Lorsqu'on refroidit dans la glace les produits monoiodhydriques bruts qui ont servi aux expériences précédentes, on constate que tantôt ils se prennent en masse cristalline (dérivés des acides stéarolique et béhénolique) et tantôt restent huileux même à 20° au-dessous de zéro (dérivés de l'acide taririque). Une étude plus approfondie de ces produits montre qu'on est en présence, dans chaque cas, de deux composés monoiodés isomères qui ont pu être séparés et nettement définis pour les acides stéarolique et béhénolique.

Séparation des deux isomères du dérivé monoiodhydrique de l'acide stéarolique. —Le produit brut est fondu au bain-marie et abandonné à la température de 18° à 20°. On observe bientôt l'apparition de gros cristaux prismatiques qui sont séparés au bout de 48 heures par essorage. Recristallisés dans la moitié de leur poids d'alcool, ils fournissent une masse blanche, cristallisée en aiguilles et fondant à 39°. Ce corps répond à la formule $C^{18}H^{33}IO^2$. Il se dissout dans son poids d'alcool et est soluble dans l'éther et dans l'acide acétique.

Le deuxième isomère se trouve dans la partie huileuse essorée. Mélangée avec la moitié de son volume d'alcool et refroidie à —15°, elle dépose des cristaux qu'on sépare par filtration. Le liquide filtré est versé dans beaucoup d'eau chaude et le produit

---

[1] Lewkowitch, *Huiles, graisses et cires*. Paris, 1906, p. 147. M., C. et Al. Saytzeff avaient indiqué pour l'acide élaïdique 51°-52° et, pour son dioxy-stéarique, 99°-100° (*J. f. prakt. Ch.*, Bd. L, 1894, p. 75-76).

huileux précipité est séché sur l'acide sulfurique. Refroidi à 5° environ, il se fige de nouveau. On l'étend sur une plaque poreuse froide et l'on recristallise le résidu sec dans très peu d'acide acétique glacial. On obtient ainsi le second isomère monoiodhydrique, fusible à 23°-24° et beaucoup plus soluble dans l'alcool et les autres dissolvants que le précédent.

Les deux isomères se forment à peu près en quantités égales (¹). Traités par la potasse alcoolique bouillante, ils perdent rapidement l'acide iodhydrique et régénèrent *quantitativement* l'acide stéarolique primitif. Réduits par la poudre de zinc en milieu acétique, ils fournissent le même acide élaïdique $\Delta_{9,10}$. Ce sont donc des acides *monoiodélaïdiques*.

Par une méthode un peu différente, nous avons pu séparer du dérivé monoiodhydrique brut de l'acide béhénolique, un acide *monoiodobrassidique* $C^{22}H^{41}IO^2$ fondant à 48° et un acide isomère, fondant à 37°-38°, très soluble dans l'alcool.

Il est évident que la fixation d'une molécule HI sur une triple liaison ne peut donner naissance à des isomères stéréochimiques. Chaque paire d'isomères, décrits plus haut, appartient nécessairement à la variété *cis* et doit être exprimée par les formules

$$R - CH = CH - R' \quad \text{et} \quad R - CH = CH - R'.$$

Autrement dit, l'acide iodhydrique, contrairement à l'opinion généralement admise, ne se place pas toujours d'une même façon déterminée dans les produits d'addition, du moins dans les acides gras supérieurs de la série stéarolique, les seuls étudiés par nous jusqu'ici, mais se fixe de manière à mettre l'atome d'iode indistinctement du côté du carboxyle ou du côté opposé.

CHIMIE AGRICOLE. — *Rôle des micas dans la terre arable.* Note de M. **Biéler-Chatelan**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

Par des expériences de culture en pots (²), M. Prianichnikow (Moscou) a montré que le mica muscovite peut fournir aux plantes de la potasse en plus forte proportion que le feldspath orthose. Ce fait s'expliquerait, selon nous, par l'inégale solubilisation de ces deux minéraux.

Par exemple, tandis que du mica muscovite broyé en paillettes plus ou moins fines,

(¹) L'isomère fondant plus haut semble prendre naissance en quantité prépondérante, si l'on provoque la formation du dérivé monoiodhydrique en milieu acétique.

(²) Cf. *Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen*, année 1905.

cédait à l'eau distillée jusqu'à 0,48 pour 1000 de potasse, de l'orthose en poudre impalpable ne lui en livrait que 0,2 pour 1000, soit moins de la moitié, et de l'orthose en poudre grossière (grains de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre) seulement des traces. La solubilisation plus grande du mica paraît donc être une propriété intrinsèque de ce minéral, mais elle résulte aussi de son aptitude particulière à se cliver indéfiniment en lamelles très minces, présentant une grande surface d'attaque. Cette solubilisation augmente si l'on ajoute à l'eau, soit des acides, soit des substances employées comme engrais ou amendements, comme le montre ce Tableau :

Dissolvants.	Potasse dissoute pour 1000.
Eau distillée pure	0,48
» plus plâtre	1,02
» » tourbe	1,05
» » sulfate d'ammoniaque	1,55
» » chaux vive	1,76
» » acide citrique (1 pour 100)	1,85
» » phosphate monocalcique	2,24
Acide chlorhydrique concentré froid	2,90

Les acides employés pour l'analyse des terres attaquent donc assez fortement les micas. Quant aux matières employées comme engrais ou amendements, elles augmentent sensiblement le pouvoir dissolvant de l'eau pure. On remarquera surtout l'action exercée par le phosphate monocalcique des superphosphates; elle égale presque celle de l'acide chlorhydrique.

Ces faits ont une certaine importance pratique en raison de l'abondance des micas dans les terres des régions granitiques, gneissiques et schisteuses. Ainsi, par exemple, les terres d'alluvion du Rhône et de ses affluents, en Valais (Suisse), contiennent souvent de 15 à 20 pour 100 de micas blancs et accusent une teneur en potasse totale parfois supérieure à 30 pour 1000 (certaines terres molassiques également). Ces terres semblent donc aptes à subvenir largement aux besoins des récoltes en potasse, et c'est bien ce qu'on observe, et cependant elles présentent cette particularité inattendue de céder relativement peu [1] de potasse à l'eau carbonique ou même à l'eau bouillante, sensiblement moins que la dose 0,15 à 0,20 pour 1000 indiquée dans une Note précédente (*Comptes rendus* du 14 mars) comme limite en dessous de laquelle les engrais potassiques seraient efficaces. Dans ces conditions, il semble que ces engrais devraient produire un effet marqué. Eh bien, au contraire, sauf pour les plantes à croissance très rapide comme les asperges, ils n'augmentent guère l'effet des superphosphates appliqués seuls. Ce fait pourrait s'expliquer jusqu'à un certain point par une action mobilisante des

[1] C'est un des *cas exceptionnels* mentionnés dans notre Note du 14 mars.

superphosphates à l'égard de la potasse du sol, mais il laisse supposer aussi que les racines peuvent puiser de la potasse dans la réserve, non immédiatement soluble, des micas, hypothèse plausible en raison de la grande finesse de ces terres limoneuses, qui offrent aux racines une énorme surface d'attaque.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons institué l'expérience de culture en pot que voici :

Du ray-grass fut cultivé dans un sol artificiel composé de : 1° sable quartzeux pur; 2° mica muscovite en paillettes, complètement dépouillé de sa potasse soluble par de nombreux lavages à l'acide chlorhydrique, puis à l'eau distillée; 3° phosphate tricalcique pur en petite quantité. Semé en juin 1908, le ray-grass fut d'abord arrosé d'eau distillée, puis d'une solution nutritive complètement exempte d'alcalis, contenant par litre : 1^g de nitrate de chaux, 1^g de nitrate de magnésie, $0^g,2$ de sulfate de manganèse, $0^g,2$ de chlorure ferrique. A part une légère brunissure de l'extrémité des feuilles, signe caractéristique de la pénurie de potasse, la végétation fut normale et se prolongea jusqu'à la fin de l'année, mais sans produire de fleurs. Les cendres du gazon récolté contenaient de la potasse, preuve que cet alcali avait été absorbé par les racines. De quelle manière? Deux explications se présentent à l'esprit : 1° la solution nutritive, en attaquant le mica, aurait procuré aux racines de la potasse dissoute; 2° les racines auraient elles-mêmes attaqué et solubilisé le mica. La première explication doit être écartée, car, dans le liquide recueilli sous le pot après avoir traversé le sol artificiel, on ne pouvait déceler la présence de la potasse, à l'aide du réactif de Carnot, pourtant si sensible. Il faut donc admettre que les racines avaient elles-mêmes puisé la potasse nécessaire dans le reliquat censé insoluble du mica. Cette attaque était en effet rendue manifeste par l'adhérence prononcée des paillettes de mica aux racines, qu'elles entouraient comme d'une gaine.

Nous aurions ainsi démontré que les racines de certains végétaux peuvent attaquer des silicates réputés insolubles, et nous sommes en droit de conclure que, dans les terres d'alluvion susdites, riches en micas blancs (et peut-être dans d'autres analogues), les racines tirent une partie de la potasse nécessaire de la réserve, censée insoluble, que recèlent ces micas, ce qui rend souvent l'emploi des engrais potassiques superflu. Nous pourrions conclure aussi qu'il y aurait avantage à utiliser autant que possible, mais sans épuiser trop le sol, le pouvoir mobilisant exercé par les superphosphates et autres engrais ou amendements.

Notre expérience confirme les observations de M. Proost et de M. Pichart, qui ont vu le trèfle et les plantes sarclées capables de s'alimenter de potasse dans des terres presque dépourvues d'alcali dit *assimilable*, mais contenant des réserves importantes de potasse inattaquable par les acides.

Au cours de ces recherches, nous avons remarqué que le mica muscovite

en poudre fine, agité longtemps dans l'eau distillée, ne se dépose ensuite pas tout entier. Une partie reste fort longtemps en suspension, formant un trouble opalescent qui présente l'aspect et les propriétés d'une argile colloïdale. On peut en inférer que les micas contribuent, aussi bien que les feldspaths et d'autres minéraux alumineux, à former les *argiles*. L'argile dite *cristalline*, notamment, paraît composée en bonne partie de paillettes de micas excessivement fines, quelques-unes plus ou moins altérées, qui, mises en suspension dans l'eau, y produisent un chatoiement, une sorte de moiré, caractéristique.

En résumé, les micas peuvent jouer dans le sol un rôle assez important, aussi bien physique que chimique.

Il convient de remarquer que la plupart des micas peuvent fournir aux plantes, non seulement de la potasse, mais encore de la magnésie et du *fluor*. Les micas seraient même, avec l'apatite et les tourmalines, une des principales sources de fluor dans le sol arable. Ce fait n'est peut-être pas sans importance au point de vue de l'alimentation des animaux et de l'homme, étant donnée la présence du fluor dans l'émail des dents.

PHYSIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Étude expérimentale sur la spécificité d'action des sources de Vichy employées en thérapeutique thermale.* Note de M. **H. Sérégé**, présentée par M. A. Dastre.

Les principales sources chaudes de Vichy, bien que présentant une minéralisation à peu près identique, ont-elles, ainsi que le veut la Clinique, des différences d'action thérapeutique susceptibles de créer à chacune d'elles une individualité nettement définie? Nous avons essayé de résoudre cette question en étudiant, chez des chiens, les modifications apportées à la nutrition et au métabolisme des matières albuminoïdes par l'action successive des diverses sources de Vichy données en injections sous-cutanées.

Deux chiens mâles de 6^{kg} à 7^{kg}, en parfait état de santé apparente, reçoivent comme alimentation 100^{g} de viande cuite et 800^{g} de soupe (pain et bouillon à saturation). Ce qui n'était pas ingéré dans les 24 heures était pesé et défalqué, pour permettre de rectifier la normale urinaire obtenue avant l'expérience, en la rapportant à la quantité d'aliments absorbés durant la période des injections. Deux récréations surveillées leur étaient données matin et soir; les pesées étaient faites à jeun après émission des urines et des matières fécales. Les chiens étaient déclarés bons pour l'expérimentation, un mois seulement après leur introduction dans des cages spéciales permettant de recueillir intégralement les urines, alors qu'ils étaient en parfait équilibre de poids et parais-

saient habitués à leur nouveau genre de vie. Voulant étudier les variations de l'acidité urinaire, on laissait les animaux vider leur vessie *ad libitum :* la *moyenne de* 8 *jours d'analyses consécutives nous donnait l'élimination urinaire des* 24 *heures.*

Les méthodes analytiques employées sont les méthodes classiques.

L'eau, arrivée en flacons stérilisés de 100^{g}, était employée en nature, dès sa réception, après avoir été ramenée, au bain-marie, à sa température initiale. Aucune réaction locale n'a été observée; l'eau était résorbée rapidement; l'état normal était récupéré 3 à 4 jours après la cessation des injections. La dose injectée, choisie après des recherches préliminaires a été celle de 5$^{cm^3}$ par kilogramme.

Nous avons successivement étudié l'action des sources Hôpital, Grande-Grille, Chomel et Célestins.

Nos premières conclusions, établies d'après les résultats obtenus avec deux chiens susceptibles de se contrôler l'un par l'autre, ont été déposées, en un pli cacheté, sur le bureau de l'Académie, le 28 juin 1909. Elles ont été contrôlées et confirmées, durant cet hiver, par une nouvelle série de deux autres chiens. Pendant cette longue expérimentation, les animaux se sont maintenus en équilibre pondéral parfait; leurs selles ont toujours été moulées, régulières, sauf avec l'eau de la Grande-Grille où nous avons constaté de la diarrhée. A part cela il n'y a rien à signaler d'anormal à leur sujet.

L'étude des moyennes générales, établies à l'état normal et pendant les injections, d'après la moyenne de 8 jours d'élimination urinaire des quatre chiens placés dans les conditions expérimentales précédentes, montre que l'action de chacune des sources peut être envisagée : 1° sur le *foie,* 2° sur l'*acidité urinaire*, 3° sur la *nutrition générale.*

1° L'action sur le *foie* se manifeste par la propriété commune aux trois sources chaudes de favoriser le métabolisme des matières albuminoïdes. Son intensité toutefois varie avec la source. Alors, en effet, que le rapport azoturique augmente de 3 pour 100 avec Chomel, nous le voyons passer à 6 pour 100 avec l'Hôpital et à 10 pour 100 avec la Grande-Grille. Cette amélioration des échanges se fait aux dépens des corps ammoniacaux et xanthouriques dont les rapports à l'urée diminuent d'autant plus que ceux de l'urée, des phosphates et sulfates à l'azote total augmentent.

La *Grande-Grille* nous a montré, en outre, des propriétés spécifiques sur le foie biliaire, ainsi que l'établit la diminution relative du rapport des sulfates à l'azote total, comparée à l'augmentation obtenue avec l'*Hôpital* dont l'action sur le foie digestif est moins intense. Ce fait, en apparence paradoxal, s'expliquerait par le passage dans la bile, pour former des sels biliaires en excès, d'une partie du soufre urinaire. La coïncidence de la diarrhée, tant chez nos animaux que chez l'homme, sous l'influence de cette source, nous paraît corroborer cette manière de voir.

L'eau de *Chomel* partage à un faible degré cette action ; celles de l'*Hôpital* et des *Célestins* nous ont paru indifférentes.

2° L'eau de l'*Hôpital* est de toutes, celle dont l'action alcalinisante est maxima. Alors que pour les trois autres sources cette action est équivalente au titre alcalimétrique de chacune, exprimé en CO^2NaH, pour l'*Hôpital* elle lui est bien supérieure. Cette propriété est un de ses caractères spécifiques. Si nous la rapprochons de celle si remarquable des alcalins sur les muqueuses, nous comprendrons comment cette eau, prise en ingestion, présente une si grande efficacité dans le traitement des affections gastro-intestinales.

3° L'action sur la *nutrition générale* est différente suivant les sources :

Avec la *Grande-Grille*, nous avons constaté une diminution de poids de nos animaux, coïncidant d'un part, avec une augmentation notable de l'azote total par rapport à la normale, d'autre part avec une augmentation de la densité, le volume de l'urine émise restant le même. Ces faits accompagnés d'une exagération intense des oxydations générales, montrent que cette eau favorise spécialement la *désassimilation*.

Avec l'eau de l'Hôpital, au contraire, nos chiens, malgré une diminution de l'appétit, ont accusé une augmentation de poids qui, correspondant à une diminution relative de l'azote total, par rapport à la normale, à un abaissement de la densité, accompagnée d'un relèvement modéré des oxydations générales, accuse une action manifeste sur l'*assimilation*.

L'eau de *Chomel* ne présente aucun caractère bien net de spécificité. Elle tient, en effet, de l'Hôpital en ce qu'elle paraît plutôt favoriser l'assimilation ; elle tient aussi de la Grande-Grille par son action modérée sur le foie biliaire.

L'eau des *Célestins*, source froide, ne paraît avoir qu'une action modérée sur la nutrition générale, à la dose où nous l'avons injectée. Par contre, elle possède des propriétées diurétiques manifestes qui, coïncidant avec une augmentation de l'azote total, des corps ammoniacaux et xantho-uriques éliminés, sans que les rapports urologiques soient sensiblement modifiés, montre qu'elle favorise aussi l'élimination des matériaux de déchet.

La *Clinique*, en confirmant en tous points les résultats que nous avons obtenus, en reconnaissant à chacune des sources de Vichy, employées en thérapeutique thermale, une action spécifique identique à celle que nous avons décelée, nous permet de reporter à l'homme, par analogie, les conclusions que nous venons de formuler.

MÉDECINE. — *Du rôle de la paroi artérielle dans la mesure de la pression artérielle en clinique.* Note de M. **A. Moutier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Pour mesurer la pression artérielle chez l'homme, ne pouvant pas pénétrer directement dans l'artère, on est obligé d'avoir recours à des procédés indirects : on exerce soit une contre-pression localisée en un point sur une artère facilement accessible, soit une contre-pression globale sur un segment de membre et la contre-pression nécessaire pour arrêter le cours du sang, ce que l'on constate par des moyens divers, est considérée comme égale ou comme ayant toujours le même rapport avec la pression intra-vasculaire maxima. On considère que la contre-pression nécessaire pour l'écrasement des parties molles et même de la paroi peut être négligée et considérée comme nulle ou pratiquement nulle, comme étant toujours égale à elle-même.

On en est arrivé à considérer comme ayant même signification ou au moins même valeur deux termes bien différents : pression et tension artérielles et, dans le langage courant, on emploie indifféremment l'un ou l'autre lorsqu'on parle de pression systolique ou maxima.

Un certain nombre d'expériences, exécutées sur des sujets chez lesquels on a pu, en même temps, pratiquer des mensurations directes et indirectes viennent confirmer cette manière de voir. Mais, dans ces cas, il s'agissait de sujets ayant une tension artérielle normale ou sensiblement normale. En est-il de même chez les autres ?

Potain semblait en douter fortement et il exprime ainsi ses doutes [1] : « Les troncs artériels sont-ils le siège de contractions et de dilatations... susceptibles de modifier la pression artérielle à quelque degré? C'est ce que la Physiologie ne nous dit guère et ce qu'elle est disposée à nier. C'est ce que nous montreront cependant, d'une façon évidente, certaines observations sphygmomanométriques. » Russel semble avoir été plus loin encore en attribuant l'hypertension à un hypertonus.

Mais jusqu'ici aucune expérience n'est venue confirmer cette manière de voir; or nous venons de pouvoir mettre le fait en évidence, en nous adressant pour cela à une certaine catégorie de malades. Chez un grand nombre de sujets, ayant une tension artérielle inférieure à celle qu'ils auraient eue pendant un certain temps, des hypotendus ou des « hypertendus-détendus », c'est-à-dire des sujets ayant eu pendant assez longtemps de l'hyper-

---

[1] Potain, *La pression artérielle de l'homme*, p. 19. Paris, 1908.

tension artérielle et dont la tension a été ramenée à la normale ou même seulement abaissée, on peut observer, par une mensuration faite à l'aide d'une contre-pression bien conduite, une hypertension artérielle locale en excitant d'une façon convenable la portion d'artère explorée.

Nous ne rapporterons ici que quelques observations, car elles sont toutes semblables. Il n'est pas besoin de dire que toutes les causes d'erreur ont été évitées, autant qu'il est possible; dans chaque cas, les mensurations ont été faites par le même observateur avec le même instrument, le sujet étant dans la même position. Or, comme nous allons le voir, les différences observées sont telles qu'elles dépassent le coefficient d'erreur personnel de l'observateur, puisque nous avons pu observer des différences de 9^{cm} de mercure. Pour obtenir ces résultats, nous avons d'abord excité la paroi artérielle par un courant faradique, mais nous avons bientôt reconnu qu'il suffisait de frotter avec le doigt l'artère au niveau du point exploré pour obtenir le même résultat ou tout au moins un résultat suffisant pour mettre le phénomène en évidence.

Observation I. — Mme X..., hypotendue, présente au niveau de la radiale une tension de 10^{cm} de mercure; après avoir excité cette artère, la pression est de 15; le même résultat est obtenu sur chacune des radiales, l'une après l'autre. Le sujet est alors soumis aux courants de haute fréquence et de haute tension, suivant la technique que nous avons établie [1]; la tension monte à 17 dans chacune des radiales et aucune excitation locale ne peut faire obtenir une nouvelle variation.

Observation II. — M. Y..., artério-scléreux de date ancienne, en voie d'amélioration à la suite de traitements divers, a une tension à chaque radiale de 21; après excitation de la radiale, on trouve 25; après une séance de d'Arsonvalisation, on a 18 et, après une excitation locale, encore 25, à droite comme à gauche. Deux jours après, avant la séance de d'Arsonvalisation, 18, après 16; avant comme après, à droite comme à gauche, à la suite de l'excitation de la radiale, 25.

Il y a lieu de faire remarquer que l'hypertension ainsi provoquée est d'une durée très courte, mais suffisante pour permettre l'observation du phénomène, et l'on peut suivre avec l'instrument la disparition du spasme.

On peut ainsi faire un diagnostic rétrospectif d'hypertension artérielle et peut-être même déterminer la valeur de cette ancienne hypertension, bien qu'elle n'existe plus.

Par cette petite excitation, par ce simple frottement de l'artère, au

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 330.

niveau du point exploré, on a pu modifier l'état de la paroi artérielle, mais non pas celui de la pression intra-vasculaire ; on n'observe du reste aucun changement au-dessus du point excité, ni en un autre point du territoire artériel. Il en résulte donc que, dans nombre de cas, les mensurations faites en clinique nous renseignent bien plus sur l'état de la paroi artérielle que sur la valeur de la pression intra-vasculaire. Ces mensurations, dans la majorité des cas, nous donnent la valeur de la tension artérielle et non de la pression artérielle. Il ne faut pas en conclure que la pression intra-vasculaire n'a d'influence dans aucun cas sur une telle mensuration; cela serait trop exclusif et, à un moment donné, l'une peut s'ajouter à l'autre.

Ceci peut expliquer comment nous avons pu déterminer en plus ou en moins des changements considérables, jusqu'à 10^{cm} de mercure, sans avoir constaté parallèlement des modifications du côté du cœur, sauf dans certains cas d'arythmie, comme l'ont si bien montré MM. Doumer et Lemoine [1], les autres modifications cardiaques étant des modifications à longue échéance.

Cette si facile excitabilité de la paroi artérielle permet de comprendre pourquoi les résultats de la mensuration de la tension artérielle peuvent varier, suivant le procédé employé de contre-pression globale ou de contre-pression localisée et même suivant le mode de mensuration et la manière de procéder dans un cas comme dans l'autre.

Enfin, au point de vue clinique, si cela modifie la manière d'envisager la genèse des affections liées à l'hypertension artérielle, cela ne modifie en rien le pronostic, ni le traitement de ces mêmes affections.

MICROBIOLOGIE. — *Des propriétés physiologiques des extraits du bacille de Koch condensés et sensibilisés.* Note [2] de MM. **H. Vallée** et **L. Guinard**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous a établi qu'il est possible d'amener le cheval à un très haut degré d'hyperimmunisation contre la tuberculose en lui inoculant à maintes reprises des quantités élevées de bacilles tuberculeux, peu virulents d'abord, puis de bacilles humains à virulence complète [3]. L'état d'hyperimmunité

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1628.

(2) Présentée dans la séance du 25 avril 1910.

(3) H. Vallée, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1909, p. 665.

peut être ensuite complété par l'inoculation intra-veineuse d'extraits bacillaires *complets* obtenus par broyage de bacilles virulents à l'obscurité sous une atmosphère inerte, soit dans de l'eau distillée, soit dans une solution de chlorure de sodium à 9 pour 1000.

Le sérum des chevaux ainsi traités jouit de la propriété de précipiter, instantanément et de façon massive, les bouillons ayant servi à cultiver le bacille de Koch, les diverses tuberculines et les extraits bacillaires complets mentionnés plus haut.

La présente Note a pour but d'établir les propriétés physiologiques des constituants tuberculiniques et bacillaires ainsi précipités et sensibilisés par le sérum de cheval hyperimmun. Disons immédiatement que l'expérience fournit, avec les divers extraits, des résultats identiques.

Toutes nos recherches ont été poursuivies à l'aide de précipités obtenus des diverses tuberculines ou d'extraits bacillaires en mélangeant 1 volume de l'antigène à 5 volumes de sérum hyperimmun non chauffé. Le précipité formé est longuement lavé au centrifugeur à la solution physiologique de chlorure de sodium puis laissé durant 48 heures au contact d'un large volume de sérum de cheval hyperimmun chauffé à 55°. Il se fait, en ces conditions, ainsi qu'il est aisé de le constater, une *sensibilisation* du précipité. Après de nouveaux lavages ayant pour but d'éliminer toute trace de sérum, le précipité sensibilisé est émulsionné à un titre déterminé en eau salée physiologique.

Quelle que soit l'origine du précipité ainsi traité, ce produit se montre inoffensif pour l'organisme tuberculisé lorsqu'on l'utilise à des doses déterminées. La tolérance du cobaye tuberculeux se montre extrême; des cobayes tuberculisés depuis plus de six semaines par inoculation sous-cutanée de bacilles bovins, résistent, en présentant des réactions thermiques insignifiantes, à l'inoculation sous-cutanée de quantités du précipité sensibilisé correspondantes à $0^g,5$, 1^g et 2^g de tuberculine brute. D'autres cobayes supportent dans les mêmes conditions le précipité de quantités *d'extrait complet* fournies par 60^{cg} de bacilles.

Les bovidés tuberculisés font preuve eux aussi d'une tolérance considérable à l'égard de ces précipités. Des sujets infectés depuis plusieurs mois reçoivent, sans fournir de réaction thermique, des doses de précipité, correspondant à 1^g et 2^g de tuberculine brute, qui représentent dix et vingt fois la dose hyperthermisante de tuberculine. Seules des quantités équivalentes à 3^{cm^3} et 4^{cm^3} de tuberculine brute, ou bien encore l'inoculation *intra-veineuse* de doses correspondantes à 1^{cm^3} ou 2^{cm^3} de cette substance, provoquent des réactions fébriles. Ces réactions sont d'ailleurs peu vives et peu durables si on les

compare à celles fournies par les doses équivalentes de tuberculine brute, qui sont violentes et se prolongent longuement.

Ces expériences nous autorisent à considérer que les précipités mis à l'étude représentent des poisons tuberculeux *condensés* et *sensibilisés* par le sérum, analogues aux vaccins sensibilisés, étudiés par Besredka, contre la peste et l'infection typhique, analogues aussi à la toxine diphtérique sensibilisée de Th. Smith.

L'innocuité du produit, si évidente à l'égard des animaux tuberculeux, nous autorisait à étudier son action sur l'homme en puissance de tuberculose. Cette expérience a été poursuivie sur 30 femmes affectées de tuberculose pulmonaire à des degrés divers et chez lesquelles ce diagnostic était confirmé de façon certaine.

Tandis qu'avec l'injection des doses les plus infimes ($\frac{1}{100}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{10}$ de milligramme) de tuberculine de Koch des phénomènes fâcheux peuvent survenir, nous n'avons obtenu ni réaction thermique, ni réactions de foyers en inoculant des quantités du précipité sensibilisé équivalentes à $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 4 milligrammes de tuberculine pure précipitée par l'alcool. Une malade a même toléré sans la moindre manifestation deux injections dont l'une correspondait à 5^{mg} de tuberculine précipitée par l'alcool et l'autre à 1^{cg}. D'une manière générale les premières injections produisent localement un léger œdème; l'accoutumance s'établit rapidement et très vite, les malades n'éprouvent aucune gêne à l'inoculation des doses progressivement élevées.

Nous poursuivons l'étude de la valeur thérapeutique des divers extraits bacillaires (tuberculines, bouillon filtré et extraits complets) ainsi *condensés* et *sensibilisés* par le sérum de cheval hyperimmun.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la température mortelle des tyrosinases végétales.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Rosenblatt**, présentée par M. E. Roux.

Lorsqu'on examine la manière dont se comportent les solutions de tyrosinase d'origines végétales différentes, quand on les soumet à un chauffage progressif, on trouve que la disparition de l'activité diastasique a lieu à des températures souvent très éloignées les unes des autres : certaines tyrosinases sont détruites vers + 65° à + 70°; d'autres résistent presque à la température de l'ébullition.

Cette observation, tirée de faits publiés particulièrement par l'un de nous [1], peut s'expliquer par l'existence de plusieurs espèces de tyrosinases, les unes très altérables par la chaleur, les autres plus résistantes. Toutefois, étant donnée l'extrême sensibilité des diastases à l'action des réactifs, il était nécessaire de rechercher, avant d'admettre cette explication, si l'on n'était pas simplement en présence d'une seule et unique tyrosinase dont la température mortelle serait plus ou moins influencée par les substances, variables dans chaque cas, qui l'accompagnent dans les milieux naturels et dont il est, jusqu'ici, impossible de la débarrasser.

Nos expériences ont porté sur deux sortes de préparations diastasiques :

1° De simples macérations glycérinées, obtenues en laissant quelques jours en contact une partie d'organe végétal coupé en petits morceaux avec deux parties de glycérine pure du commerce et filtrant ensuite au papier; nous avons opéré ainsi avec les organes verts du Gui, avec les racines de la Betterave, les tubercules de la Pomme de terre et avec tous les Champignons;

2° Des préparations sèches, relativement purifiées, obtenues en soumettant à une précipitation, par 3^{vol} d'alcool fort, soit une macération aqueuse (cas du son de Froment et des Lentilles), soit le suc végétal, extrait à la presse (cas des racines de Betterave, des tubercules de Dahlia et de Pomme de terre). Le précipité a été repris par l'eau, puis on a filtré et l'on a précipité à nouveau par l'alcool; enfin, la tyrosinase a été séchée dans le vide. Au moment de l'emploi, on a fait dissoudre la préparation dans 50 fois son poids d'eau distillée.

Pour déterminer les températures mortelles, on a introduit 1^{cm^3} de macération glycérinée ou de solution aqueuse de tyrosinase dans un tube à essais très étroit, puis on a placé celui-ci dans un bain-marie réglé d'avance et maintenu à une température constante. A l'aide d'un thermomètre plongeant dans le tube, on a suivi l'échauffement du liquide diastasique et, à partir du moment où l'équilibre était atteint, c'est-à-dire après 2 à 3 minutes, on a prolongé le chauffage exactement 3 minutes. On a enlevé alors le tube du bain-marie et l'on y a ajouté 1^{cm^3} de solution de tyrosine au millième. On a noté comme température mortelle celle qui rendait la diastase inactive au point de ne plus donner de coloration avec la tyrosine, même après 24 heures de contact.

Les températures mortelles n'ont été recherchées que de 5° en 5°. Il nous a paru

---

[1] Voir surtout : G. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XV, 1896, p. 1218. — G. Bertrand et W. Mutermilch, *Ibid.*, 4e série, t. I, 1907, p. 837.

inutile, étant donnée la contingence du phénomène, de pousser plus loin l'approximation. Voici les résultats que nous avons obtenus :

Noms des espèces végétales.	Températures mortelles entre
Amanita rubescens Fr., *Tricholoma nudum* Bull., *Lactarius subdulcis* Bull., *Lact. rufus* Scop., *Clitocybe* sp.?	+60° et +65°
Tricholoma grammopodium Bull., *Laccaria laccata* Scop., *Lactarius plombeus* Bull., *Russula lepida* Fr., *R. emetica* Sch., *R. nigricans* Bull., *Psalliota campestris* L., *Hydnum repandum* L.	+65 et +70
Russula queletti Fr., *R. rubra* Fr., *R. delica* Fr., *R. cyanoxantha* Sch., *Badhania populina* Lister (1), tubercules de Dahlia, tiges et feuilles de Gui	+70 et +75
Hypholoma fasciculare Huds., Pomme de terre (précipitée)	+75 et +80
Lentilles, Pomme de terre (mac. glyc.)	+80 et +85
Betterave (mac. glyc.)	+85 et +90
Son de Froment (précipit. ou mac. glyc.), racine de Betterave (précipitée)	+90 et +95

Ce n'est pas la nature du dissolvant qui permet d'expliquer ces différences entre les températures mortelles. Lorsqu'on opère comparativement dans l'eau et dans la glycérine, on trouve que ce dernier dissolvant protège la tyrosinase contre l'action destructrice de la chaleur; mais l'élévation de la température mortelle est seulement de quelques degrés. Ce n'est pas non plus le mode de préparation, puisqu'on observe des écarts aussi notables entre les simples macérations glycérinées qu'entre les préparations obtenues par précipitation avec l'alcool.

Il faut donc supposer que les substances solubles ou précipitables par l'alcool qui accompagnent la tyrosinase dans les milieux naturels ne sont pas la cause principale du phénomène examiné. Les différences tiendraient beaucoup plus à la nature, variable suivant l'origine, des substances diastasiques elles-mêmes.

Pour mieux juger de la valeur de cette hypothèse, nous avons cherché comment se comporteraient au chauffage des mélanges de tyrosinase thermostabile et de tyrosinase thermolabile. Nous avons trouvé qu'en introduisant de la tyrosinase du son de Froment ou de la racine de Betterave dans la macération de *Russula queletti* ou de *Lactarius subdulcis*, on n'abaissait pas sa température mortelle. Inversement, lorsqu'on mélangeait une macé-

(1) Ce myxomycète, en culture pure, nous a été gracieusement fourni par M. Pinoy.

ration de Russule avec une solution préalablement chauffée de tyrosinase du son ou de Betterave, on n'augmentait pas la résistance à la chaleur de la tyrosinase qu'elle contenait.

Il existe donc, chez les végétaux, des variétés de tyrosinases dont la température mortelle est très différente. Ce sont les tyrosinases d'origine mycologiques qui sont les plus fragiles; les tyrosinases les plus stables proviennent, au contraire, des végétaux supérieurs. La présence des substances qui accompagnent les catalyseurs oxydasiques dans leurs milieux naturels ne suffit pas à expliquer les écarts observés entre les températures mortelles. Ceux-ci doivent être dus surtout à la nature, un peu différente dans chaque cas, des tyrosinases elles-mêmes.

Nous ne voulons pas anticiper sur l'intérêt que ce fait présente au point de vue de la constitution des diastases, mais nous tenons à signaler l'une au moins de ses conséquences pratiques ([1]) : c'est la nécessité qu'il y a, lorsqu'on veut utiliser la température mortelle pour caractériser une diastase ou la séparer d'autres substances analogues, de ne point admettre, *a priori*, comme exacte la température mortelle déterminée avec une préparation ayant une origine différente.

CYTOLOGIE. — *Sur certaines enclaves protoplasmiques de la cellule hépatique normale du Lapin.* Note de M. L. **Launoy**, présentée par M. F. Henneguy.

L'examen de cellules hépatiques dissociées dans la solution physiologique de Na Cl permet de constater deux sortes d'enclaves intra-protoplasmiques; les unes peu réfringentes, régulièrement arrondies, très nombreuses, surtout faciles à examiner sur le foie d'animaux à jeun de plusieurs jours, remplissent la cellule, ce sont les mitochondries; les autres beaucoup plus réfringentes, moins nombreuses, sont réparties en particulier au voisinage des faces du polyèdre cellulaire; ce sont ces dernières formations qui nous intéressent. A l'ultramicroscope, elles se différencient facilement des mitochondries; elles brillent d'un éclat beaucoup plus vif que celles-ci. Quand on examine à l'ultramicroscope des *coupes* de foie fixé dans le mélange alcool-chloroforme, montées dans l'huile de cèdre, ces gouttelettes se présentent

([1]) Pour les détails, consulter le Mémoire qui doit paraître prochainement.

encore avec une périphérie très brillante; dans les mêmes conditions, les mitochondries ne peuvent plus être dissociées de la trame grenue ou filamenteuse du protoplasma.

L'aspect physique des enclaves dont il s'agit les a souvent fait confondre avec les gouttelettes de graisse; cette conception de leur nature est rendue d'autant plus vraisemblable, qu'elles se colorent *in toto*, quoique inconstamment d'ailleurs, par le scharlach en solution alcoolique et qu'elles réduisent faiblement l'acide osmique; j'ajoute qu'elles sont isotropes. Cependant, ces enclaves intra-cellulaires possèdent une structure propre qui ne permet pas de les identifier avec les gouttelettes de graisse et les éloigne également de toute assimilation possible avec les mitochondries.

Cette structure s'observe facilement par l'emploi des procédés suivants :

1° Quand on dissocie les cellules hépatiques dans une solution de bleu crésyl brillant ($\frac{1}{10000}$ — $\frac{1}{20000}$), on distingue la présence à l'intérieur des enclaves et à leur périphérie d'une ou plusieurs granulations arrondies, réfringentes, souvent *pigmentées* en jaune ou jaune brun, qui fixent électivement le bleu crésyl. Par le sulfate de bleu de Nil ($\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{5000}$) et le bleu de naphtol ($\frac{1}{2500}$), ces mêmes granulations se colorent dans le premier cas en bleu franc, dans le second en violet rougeâtre. Bien entendu, cette coloration est élective, aucune autre granulation intra-cellulaire n'est colorée par les colorants et avec les dilutions que j'indique.

Les granulations ainsi définies, sont insolubles dans l'alcool et le chloroforme en présence d'acide acétique (1); elles réduisent faiblement l'acide osmique et seulement à leur périphérie, semble-t-il.

2° J'ai indiqué ailleurs, en détail, les méthodes qui sur des pièces fixées m'ont permis de retrouver la structure démontrée par la méthode des colorations supra-vitales. Les figures ci-après représentent les résultats que donne la fixation à l'alcool-chloroforme-acide acétique, suivie d'application de la coloration de Heidenhain à la laque ferrique (2).

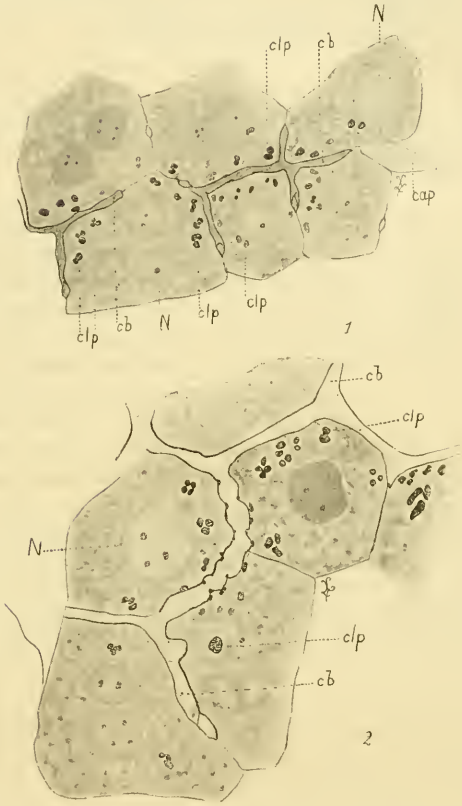
Conclusion. — Il existe toujours, normalement, dans la cellule hépatique du Lapin adulte, des corpuscules particuliers de structure complexe. Ces corps diffèrent essentiellement des mitochondries; ce ne sont pas non plus de simples gouttelettes de graisse; ils paraissent avoir passé inaperçus dans un certain nombre de recherches publiées récemment sur l'état normal ou

---

(1) Ce résultat est indiqué d'après des pièces ayant séjourné 3 jours dans l'alcool absolu et 48 heures dans le mélange alcool-chloroforme.

(2) L. Lalnoy, *Comptes rendus Soc. Biol.*, n° 10, 1910, p. 441, et n° 12, 1910, p. 610. Voir aussi *Ann. Inst. Past.*, n° 1, 1909.

pathologique de la cellule hépatique du Lapin. Ils sont peut-être à rappro-



Dessins à la chambre claire. En 1 : obj. 1.6 imm., ocul. compensat. 6 de Zeiss; en 2 : obj. 1.6 imm. homog., ocul. compensat. 12 de Zeiss. Pour la reproduction, réduction du quart. *clp*, corps lipoïdes pigmentés situés à la périphérie des vacuoles dont le contenu a été solubilisé par le fixateur; *cb*, canalicule biliaire intercellulaire; en 2, la paroi seule du canalicule est indiquée par un trait noir; en 1, l'imprégnation du canalicule était totale; *cap*, capillaire sanguin; N, noyau.

cher des grains pigmentaires ou des granulations biliaires de quelques auteurs classiques. En les désignant sous le nom de *corps lipoïdes pigmentés*,

j'ai voulu rappeler un certain nombre de caractères morphologiques sous lesquels ils se présentent. Ces corpuscules paraissent être en relation très étroite avec les canalicules biliaires intercellulaires.

GÉOLOGIE. — *Interprétation tectonique du Flysch dit* autochtone *de la Suisse centrale et orientale.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Pierre Termier.

Depuis la Gemmi jusqu'au col de Surenen, le Nummulitique autochtone appartenant à la série stratigraphique du bord septentrional du massif de l'Aare est essentiellement constitué par du Priabonien, trangressif sur le Malm ou sur le Sidérolithique (formation continentale lutétienne ou auversienne) et par de l'Oligocène; on trouve, en général, les termes suivants de bas en haut : 1° *Priabonien : a.* couches à *Cerithium diaboli; b.* grès à *Nummulites Fabianii*; *c.* calcaires à petites Nummulites et Orthophragmines ; *d.* schistes; — 2° *Oligocène* : grès de Taveyannaz ou grès micacés et feldspathiques, dits *grès du Flysch*, se remplaçant en toutes proportions, et prolongement direct des mêmes couches des Alpes françaises et vaudoises.

A partir du Titlis, vers l'Est, les choses se compliquent, et sur le Flysch oligocène reposent en parfaite concordance des couches à grandes Nummulites, certainement lutétiennes, et connues depuis longtemps dans le Sernfthal, où elles ont été étudiées surtout par M. Rothpletz (1898), et par M. Arnold Heim (1909) : ce dernier auteur s'appuyait précisément sur la présence de ce Lutétien au-dessus des grès qui surmontent eux-mêmes le Priabonien, pour conclure que le Priabonien n'était qu'un faciès du Lutétien.

La coupe du Joch Pass montre des faits extrêmement importants, que M. P. Arbenz, de Zurich, a été le premier à observer, et qu'il a, par conséquent, le mérite d'avoir découverts; je revendique seulement la responsabilité de l'interprétation. Ces faits sont les suivants :

Au pied nord du Titlis, les grès priaboniens autochtones, intensément plissés, supportent, en discordance tectonique, une nouvelle série stratigraphique qui plonge au N-NW, sous les nappes helvétiques, et qui comprend les termes suivants de bas en haut : 1° grès de Taveyannaz; 2° schistes plus ou moins ardoisiers ; 3° schistes gréseux, noirâtres, charbonneux dans les cassures fraîches, à patine fauve sur les surfaces altérées et contenant, dans les parties plus calcaires, *Orthophragmina discus;* 4° grès et quartzites, épais de 30^{m} environ, avec des lentilles calcaires à *Num. complanatus* et

aturicus; 5° mince couche de schistes gréseux; 6° Malm, faisant partie du flanc renversé de la nappe helvétique inférieure.

Or, dans une zone de la nappe du Wildhorn, s'étendant entre le Rawyl et le Schimberg, on a la succession constante de bas en haut : 1° grès et calcaires à *Num. complanatus* (Lutétien); 2° Schistes gréseux, charbonneux, à patine fauve (Auversien); 3° schistes (Priabonien); 4° grès du Flysch. D'autre part, les grès de Taveyannaz ou grès du Flysch, dans toutes les coupes normales des Alpes françaises et vaudoises, se montrent toujours au sommet du Nummulitique, et sont d'âge oligocène inférieur; ils représentent donc certainement le terme le plus récent du complexe. En sorte que toute la série intercalée entre les grès priaboniens autochtones et les nappes helvétiques se présente comme *une série renversée* constituée de bas en haut par des termes qui, dans toutes les coupes normales, se succèdent de haut en bas. Comme *au-dessus d'elle vient*, d'après M. P. Arbenz, *une série jurassique également renversée, on doit la considérer comme le flanc renversé nummulitique de la nappe helvétique inférieure.*

Suivons cette série renversée vers l'Est : les grès de Taveyannaz et les grès du Flysch reposent parfois en série parfaitement normale sur le Priabonien autochtone (Seewli See); ils constituent le *noyau* du synclinal plongeant qui sépare l'autochtone des nappes helvétiques, et la charnière de ce noyau synclinal est bien visible dans les flancs du Schwarz Stöckli, en face du synclinal de la Windgälle; ces grès se suivent, par le Scheerhorn, jusque dans les flancs du Kammerstock, toujours surmontés par l'Éocène renversé; au delà de la Linth, ils dessinent, dans les parois du Muttenberg et du Nüschenstock, une série de charnières synclinales aiguës, observées par M. Alb. Heim et par M. Rothpletz, et qui s'emboîtent elles-mêmes dans la grande charnière synclinale du Piz-da-Dartjès par où la nappe de Glaris se raccorde à l'autochtone. *Ces grès constituent donc une série doublée dont la partie supérieure est renversée, et les schistes et calcaires lutétiens qui les surmontent sous le massif du Kärpf sont aussi en série renversée. Le même raisonnement s'applique aux couches du Blattengratt et du Weisstannenthal qui surmontent les ardoises à poissons de la vallée d'Elm*, comme l'avait montré M. Rothpletz dès 1898; cet auteur avait donné, du reste, la même interprétation que nous du Flysch dit *autochtone* de la Suisse orientale.

Si les grès du Flysch ne renferment pas de fossiles, *on peut cependant démontrer qu'ils sont plus jeunes que le Lutétien* qui les surmonte : au-dessus

d'Altdorf, ils renferment une lentille de conglomérats où l'on trouve des *galets bien roulés de calcaires à grandes Alvéolines* (*A. elongata*) *et à grandes Nummulites* (*N. complanatus, aturicus*) *appartenant à un faciès sudalpin* (nappe de Bavière ou zone dinarique) *inconnu en Suisse*, et qui nous montrent qu'il y a eu *entre le dépôt du Lutétien et celui des grès du Flysch* des mouvements orogéniques dans le Sud, suivis de l'érosion des calcaires lutétiens, et de leur transport sous forme de galets jusque dans la zone helvétique.

L'Auversien et le Lutétien renversés qui surmontent les grès oligocènes se suivent sans discontinuité depuis le Joch-Pass jusque dans le Weisstannenthal; à partir du Surenen, ils deviennent l'un et l'autre argileux-schisteux, très épais, et prennent fréquemment l'aspect dit *Wildflysch*; on les suit, au-dessus des grès d'Altdorf, dans le haut Gruonthal, dans le Mättenthal; ils renferment les couches à Nummulites de Spiringen et d'Unterschächen. Au Kammerstock, ils se terminent, à leur partie supérieure, par un banc de calcaire glauconieux à Assilines en contact stratigraphique avec le Lochseitenkalk renversé de la nappe de Glaris.

Il arrive fréquemment que des lames anticlinales de Malm ont été entraînées dans ce flanc renversé intensément broyé et étiré, et c'est comme une de ces lames, un peu plus grande que les autres, que doit être interprétée la *Griesstockdecke*, qui paraît essentiellement différente des vraies nappes helvétiques.

En résumé, la question du Nummulitique autochtone de la Suisse orientale était une question de tectonique plutôt que de stratigraphie; et la solution que j'en donne ici, en même temps qu'elle lève toutes les difficultés d'ordre stratigraphique qui avaient paru insurmontables à M. Arnold Heim, nous permettra de donner une synthèse nouvelle de la distribution des niveaux et des faciès du Nummulitique de la Suisse orientale.

PALÉONTOLOGIE. — *Remarques sur le siphon des Ammonites et des Bélemnites.* Note de M. F. **Grandjean**, présentée par M. R. Zeiller.

Les auteurs qui ont étudié la structure des Ammonites et des Bélemnites, Hyatt et Branco notamment, ont admis que l'enveloppe du siphon était de même nature chimique que le reste de la coquille, c'est-à-dire en carbonate de chaux. Il n'en est rien cependant. La substance qui constitue l'enveloppe siphonale se distingue à tous les points de vue de la calcite qui forme le test

et les cloisons : par sa couleur plus sombre, parfois même presque noire, par le défaut de clivages, et surtout par son isotropie parfaite, de sorte qu'elle reste toujours éteinte entre nicols croisés. Elle contient peu ou point de matière organique et sa couleur foncée persiste après une longue calcination. Elle se dissout aisément dans l'acide azotique, mais le dégagement de gaz carbonique est très faible et cesse bien avant la complète dissolution. La liqueur obtenue donne un abondant précipité jaune en présence du réactif molybdique. Il faut donc admettre que cette substance est constituée surtout par du phosphate de chaux. Une analyse quantitative a pu être faite sur une très petite quantité de matière extraite d'un exemplaire remarquablement conservé d'*Oxynoticeras Guibalianus* D'ORB. provenant de la carrière d'Essey près Nancy. Cette analyse a donné les résultats suivants, pour 100 parties de matière desséchée à 115° :

$(PO^4)^2Ca^3$	84
CO^3Ca	9,5
Substances non dosées	6,5
	100,0

Il ne peut être question d'épigénie; car les caractères qualitatifs signalés plus haut s'observent dans tous les gisements, pyriteux ou calcaires. La paroi siphonale était donc en phosphate de chaux dans l'Ammonite vivante.

A cette paroi viennent s'attacher de minces membranes également en phosphate de chaux. Les unes lient le siphon aux parois calcaires avoisinantes, c'est-à-dire au test et aux cloisons, et semblent être de simples organes de consolidation. Elles se répètent dans les loges successives. Chez les Ammonites et les Goniatites le cæcum siphonal débouchant librement dans le vide de la protoconque est soutenu par une ou plusieurs de ces membranes relativement plus développées que celles des loges ordinaires. Ces organes ont été décrits par Hyatt sous le nom de *cônes siphonaux* (1) et par Munier-Chalmas sous le nom de *prosiphon* (2). Ce sont des bande-

(1) ALPH. HYATT, *Embryology* (*Bulletin of the Museum of comparative Zoölogy, Cambridge*, t. III, n° 3).

(2) MUNIER-CHALMAS, *Sur le développement du phragmostracum des Céphalopodes et sur les rapports zoologiques des Ammonites avec les Spirules* (*Comptes rendus*, 29 décembre 1873).

lettes plus ou moins longues et plus ou moins larges suivant les groupes, mais toujours pleines et sans communication avec l'intérieur du siphon. Ce ne sont pas, comme le croyait Hyatt, des cônes adhérant par tout leur pourtour à la paroi de la protoconque et pouvant même, chez les Goniatites, constituer en partie la paroi du cæcum siphonal.

J'ai constaté en outre la présence, chez quelques Ammonites, d'un appendice du siphon qu'on ne peut considérer comme un organe de soutien. C'est une lame très mince de phosphate de chaux, grossièrement triangulaire, fixée au siphon par un de ses bords et s'étendant dans le plan médian de la coquille à l'intérieur de chaque loge. Le sommet du triangle est fixé à la pointe du goulot siphonal recourbé vers l'avant. La membrane ne s'étend pas jusqu'à la cloison suivante. Elle ressemble, comme forme et comme position générale, à l'organe qui emplissait la scissure des Bélemnitelles.

J'ai observé cette membrane siphonale chez *Oxynoticeras Guibalianus* D'ORB. du lias d'Essey, près Nancy; *Amm. lythensis* YOUNG et BIRD, de Whitby; *Arietites Kridion* HEHL., de Lyme Regis. Il est vraisemblable qu'elle existe chez la plupart des Ammonites.

L'extrémité siphonale, chez les Bélemnites, est très différente de celle qu'on observe chez les Ammonites et Goniatites. Le siphon s'arrête au contact de la première cloison, sans pénétrer dans la protoconque. Cette cloison est formée par deux couches de phosphate de chaux compact semblable à celui qui constitue la paroi propre du siphon. L'inférieure est continue; la supérieure est perforée par l'extrémité rétrécie du siphon. L'espace entre ces deux membranes est actuellement rempli par de la calcite ou partiellement par du phosphate de chaux à texture poreuse. Il communique directement avec le vide du siphon. Cette structure rappelle beaucoup celle du Nautile et s'éloigne de celle des Ammonites.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 mai 1910.

Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, publiés par MM. les Secrétaires perpétuels; Tome CXLVIII, janvier-juin 1909. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 vol. in-4°.

Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France; 2e série. Tome LI, accompagné d'un *Atlas* « relatif au projet de machine aérostatique destiné à porter trente hommes, qui avait été préparé et rédigé par le général Meusnier, Membre de l'Académie des Sciences ». Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4° et 1 fasc. in-4° oblong.

Rapport de M. Jean Charcot *donnant de Punta-Arenas un résumé de son expédition polaire.* (Extr. des *Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, t. 150, p. 759 [séance du 21 mars 1910].) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

IVe Congrès international d'Aéronautique, Nancy, 18 23 septembre 1909. *Procès-verbaux, Rapports et Mémoires*, publiés par les soins de la Commission permanente internationale d'Aéronautique. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par le Prince Roland Bonaparte.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. H. Lecomte; t. Ier, fascicule 4 : *Hypéracées* (fin) : *Guttifères, Ternstrœmiacées et Stachyuracées*, par C.-J. Pitard; *Diptérocarpacées*, par P. Guérin; *Ancistrocladacées et Malvacées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson et Cie, mars 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

Traité de Géologie, par Émile Haug; t. II : *Les périodes géologiques*, fasc. 2. Paris, Armand Colin, s. d.; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. le Secrétaire perpétuel au nom de M. Michel Lévy.)

Topologie : Étude du terrain, par le général Berthaut; t. I et II. Paris, imprimerie du Service géographique de l'Armée, 1909; 2 vol. in-4°. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), publiées sous la direction de MM. Joubin et J. Richard; t. I, fasc. 3, 4, 5. Imprimerie de Monaco, 1910; 3 fasc. in-4°.

Statistique générale de la France. Résultats statistiques du recensement général de la population effectué le 4 mars 1906; t. II : *Population présente : Région du Nord, de l'Est et du Sud-Est.* Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol in-4°.

Statistique générale de la France. Statistique annuelle des Institutions d'Assistance, année 1907. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-4°.

Observatorio de Marina de San Fernando. Carta fotografica del Cielo : Zona 7°; hojas nos 2, 14, 26, 49, 51, 54, 55, 61, 64, 67, 76, 163, 164, 165, 175, 176, 177, 178, 179 y 180. Paris, héliog. et imp. L. Schutzenberger, s. d.; 20 feuilles in-plano.

Nouvelles Tables nautiques. Azimut des astres sans l'heure, par Louis Bataille. Dunkerque, L. Laloux, 1909; 1 fasc. in-8°.

Écriture et théorie octavinales de la Musique, par E.-L. Bazin. Nantes, chez l'auteur, 1910; 1 fasc. in-4°.

Compas divisor del angulo, sistema del Dr D. Pedro Valls. Barcelone, Eugenio Subirana, 1910; 1 fasc. in-8°.

Roulette. Synthèse des chances simples combinées aux chances multiples, par L.-M. Martin. Nice, A. Italiani, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Puisard « Emscher » : Nouveau procédé d'épuration des eaux d'égouts, par Heinrich Scheven. Dusseldorf, s. d.; 1 fasc. in-12.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MAI 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 16 mai est renvoyée au mardi 17.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe particulière de systèmes triple-orthogonaux.* Note de M. **Gaston Darboux**.

On sait que, dans l'espace à trois dimensions, la détermination d'un système triple-orthogonal dépend de l'intégration des systèmes suivants d'équations aux dérivées partielles.

Il y a d'abord les deux systèmes simultanés

$$\text{(A)} \qquad \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_l} = \beta_{il}\beta_{lk},$$

$$\text{(B)} \qquad \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_i} + \frac{\partial \beta_{ki}}{\partial \rho_k} + \beta_{li}\beta_{lk} = 0,$$

qui définissent, lorsque varient ρ, ρ_1, ρ_2, les rotations du trièdre (T) formé par les normales aux trois surfaces coordonnées.

Lorsqu'on a obtenu les rotations, les cosinus directeurs des normales à ces surfaces coordonnées X, Y, Z; X_1, Y_1, Z_1; X_2, Y_2, Z_2 sont définis par les équations suivantes :

$$\text{(C)} \qquad \frac{\partial X_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ik} X_k,$$

$$\text{(D)} \qquad \frac{\partial X_i}{\partial \rho_i} = -\beta_{ki} X_k - \beta_{li} X_l,$$

qui forment un système complet et définissent sans ambiguïté les neuf cosinus.

A partir de ce moment, deux voies distinctes s'ouvrent pour la détermination complète du système. Ou bien on peut prendre pour inconnues les distances P_i de l'origine aux plans tangents des surfaces coordonnées, ayant les expressions suivantes :

$$\text{(E)} \qquad P_i = X_i x + Y_i y + Z_i z.$$

Ces quantités P_i sont déterminées par le système

$$\text{(F)} \qquad \frac{\partial P_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ik} P_k,$$

qui ne diffère que par les notations du système (C). Une fois obtenus les P_i, on aura sans intégration les expressions suivantes des coordonnées :

$$\text{(G)} \qquad x = \sum_i X_i P_i, \qquad y = \sum_i Y_i P_i, \qquad z = \sum_i Z_i P_i.$$

Ou bien on cherche à déterminer les coefficients H, H_1, H_2 de l'élément linéaire de l'espace. Ils sont définis par le système

$$\text{(I)} \qquad \frac{\partial H_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} H_k,$$

puis les x, y, z sont obtenus par les quadratures

$$\text{(J)} \qquad x = \int \Sigma X_i H_i \, d\rho_i, \qquad y = \int \Sigma Y_i H_i \, d\rho_i, \qquad z = \int \Sigma Z_i H_i \, d\rho_i.$$

Le rapprochement des deux méthodes conduit aux formules importantes

$$\text{(K)} \qquad H_i = \frac{1}{P_i} \frac{\partial}{\partial \rho_i} \frac{P_i^2 + P_k^2 + P_l^2}{2} = \frac{\partial P_i}{\partial \rho_i} + \beta_{ki} P_k + \beta_{li} P_l,$$

dont nous aurons à faire usage.

La principale difficulté du problème réside évidemment dans l'intégration des équations simultanées (A) et (B) auxquelles satisfont les rotations β_{ik}. Le système (A), qui se compose de six équations, a une propriété qui apparaît presque immédiatement : *il ne change pas quand on échange les premiers et les seconds indices des quantités* β_{ik}. Il n'en est plus de même des trois équa-

tions (B) qui se changent alors dans le système suivant :

$$(B') \qquad \frac{\partial \beta_{ki}}{\partial \rho_i} + \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_k} + \beta_{il}\beta_{ik} = 0.$$

Si donc on joint ces équations (B′) aux équations (A) et (B), on aura constitué un système dont les solutions iront par couples : *à toute solution formée par un système de valeurs des β_{ik} en correspondra une autre formée par les valeurs β_{ki} obtenues en échangeant les premiers et les seconds indices.*

Le système des douze équations (A), (B), (B′) a été considéré par M. Guichard dans un problème sur lequel nous reviendrons plus loin. M. Guichard a fixé de la manière la plus simple le degré de généralité de leur solution. Si l'on isole, dans ces douze équations, celles qui contiennent une dérivée par rapport à ρ_l, on aura d'abord les six équations :

$$(1) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_l} = \beta_{il}\beta_{lk}, & \dfrac{\partial \beta_{il}}{\partial \rho_l} = -\dfrac{\partial \beta_{li}}{\partial \rho_i} - \beta_{ik}\beta_{lk}, & \dfrac{\partial \beta_{li}}{\partial \rho_l} = -\dfrac{\partial \beta_{il}}{\partial \rho_i} - \beta_{ki}\beta_{kl}, \\ \dfrac{\partial \beta_{ki}}{\partial \rho_l} = \beta_{kl}\beta_{il}, & \dfrac{\partial \beta_{kl}}{\partial \rho_l} = -\dfrac{\partial \beta_{lk}}{\partial \rho_k} - \beta_{ki}\beta_{li}, & \dfrac{\partial \beta_{lk}}{\partial \rho_l} = -\dfrac{\partial \beta_{kl}}{\partial \rho_k} - \beta_{ik}\beta_{il}; \end{cases}$$

il ne restera plus que le système des six équations :

$$(2) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial \beta_{il}}{\partial \rho_k} = \beta_{ik}\beta_{kl}, & \dfrac{\partial \beta_{kl}}{\partial \rho_i} = \beta_{ki}\beta_{il}, & \dfrac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_i} + \dfrac{\partial \beta_{ki}}{\partial \rho_k} + \beta_{li}\beta_{lk} = 0, \\ \dfrac{\partial \beta_{li}}{\partial \rho_k} = \beta_{lk}\beta_{ki}, & \dfrac{\partial \beta_{lk}}{\partial \rho_i} = \beta_{li}\beta_{ik}, & \dfrac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_i} + \dfrac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_k} + \beta_{il}\beta_{ik} = 0. \end{cases}$$

Or d'après le théorème de Cauchy, les six équations (1) résolues par rapport aux dérivées des six fonctions inconnues, admettent une solution pour laquelle les $\beta_{hh'}$ se réduisent à des fonctions arbitraires $\beta^0_{hh'}$ de ρ_i et de ρ_k pour $\rho_l = \rho^0_l$. Et d'autre part ces *valeurs initiales* $\beta^0_{hh'}$ doivent satisfaire aux six équations (2) pour $\rho_l = \rho^0_l$, ce qui est toujours possible puisqu'il y a six inconnues pour six équations; de sorte que le système (2) fournit pour les $\beta^0_{hh'}$ des valeurs *dépendant de six fonctions arbitraires d'une variable.* Il est facile de voir d'ailleurs, en répétant un raisonnement bien connu, que les valeurs ainsi obtenues pour les $\beta_{hh'}$ satisfont aux équations (2) non seulement pour $\rho_l = \rho^0_l$, mais aussi pour toutes les valeurs de ρ_l. Ainsi se trouvent fixés le caractère et le degré de généralité de la solution la plus étendue des systèmes simultanés (A), (B), (B′). Suivant la phraséologie courante, cette solution dépend de *six fonctions arbitraires d'une variable.*

Ce point, qui a été établi par M. Guichard, étant rappelé, nous savons

que, dans le cas actuel, comme dans tout autre, il y aura des systèmes orthogonaux correspondant aux rotations β_{ik} et pour lesquels les X_i, les H_i, les P_i, les x seront déterminés par les systèmes (C), (D), (E), (F), (G), (I), (J). Mais, *puisqu'on peut échanger les premiers et les seconds indices des rotations β_{ik}, il y aura une seconde série de systèmes orthogonaux correspondant aux mêmes rotations.* Si nous désignons par des lettres accentuées tout ce qui se rapporte à cette nouvelle série, elle sera définie par les équations

$$(C') \qquad \frac{\partial X'_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} X'_k; \qquad (D') \qquad \frac{\partial X'_i}{\partial \rho_i} = -\beta_{ik} X'_k - \beta_{il} X'_l;$$

$$(E') \qquad P'_i = X'_i x' + Y'_i y' + Z'_i z'; \qquad (F') \qquad \frac{\partial P'_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} P'_k;$$

$$(G') \qquad x' = \Sigma X'_i P'_i, \qquad y' = \Sigma Y'_i P'_i, \qquad z' = \Sigma Z'_i P'_i;$$

$$(I') \qquad \frac{\partial H'_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ik} H'_k;$$

$$(J') \qquad x' = \int \Sigma X'_i H'_i \, d\rho_i, \qquad y' = \int \Sigma Y'_i H'_i \, d\rho_i, \qquad z' = \int \Sigma Z'_i H'_i \, d\rho_i;$$

$$(K') \qquad H'_i = \frac{1}{P'_i} \frac{\partial}{\partial \rho_i} \frac{P'^2_i + P'^2_k + P'^2_l}{2} = \frac{\partial P'_i}{\partial \rho_i} + \beta_{ik} P'_k + \beta_{il} P'_l,$$

analogues à celles que nous avons obtenues pour les systèmes de la première série.

De ces remarques si simples on peut faire découler de très nombreuses conséquences.

Remarquons d'abord qu'aux notations près, les équations (C') sont identiques aux équations (I). De là résulte qu'on aura des systèmes orthogonaux de la première série en prenant les valeurs suivantes des H_i :

$$(3) \qquad H_i = a X'_i + b Y'_i + c Z'_i,$$

les a, b, c désignant des constantes. Portant ces valeurs des H_i dans les équations (J), on trouve

$$(4) \qquad \begin{cases} x = a\Theta_{00} + b\Theta_{01} + c\Theta_{02}, \\ y = a\Theta_{10} + b\Theta_{11} + c\Theta_{12}, \\ z = a\Theta_{20} + b\Theta_{21} + c\Theta_{22}, \end{cases}$$

les Θ_{ik} étant définis par les formules

$$(5) \qquad \begin{cases} d\Theta_{00} = \Sigma X_i X'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{01} = \Sigma X_i Y'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{02} = \Sigma X_i Z'_i \, d\rho_i, \\ d\Theta_{10} = \Sigma Y_i X'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{11} = \Sigma Y_i Y'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{12} = \Sigma Y_i Z'_i \, d\rho_i, \\ d\Theta_{20} = \Sigma Z_i X'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{21} = \Sigma Z_i Y'_i \, d\rho_i, & d\Theta_{22} = \Sigma Z_i Z'_i \, d\rho_i. \end{cases}$$

Pour raison de symétrie, il est clair qu'on aura des systèmes orthogonaux de *la deuxième série* en prenant

$$(4') \quad \begin{cases} x' = a'\Theta_{00} + b'\Theta_{10} + c'\Theta_{20}, \\ y' = a'\Theta_{01} + b'\Theta_{11} + c'\Theta_{21}, \\ z' = a'\Theta_{02} + b'\Theta_{12} + c'\Theta_{22}, \end{cases}$$

a', b', c' désignant des constantes comme a, b, c.

Ainsi, dès qu'on aura les cosinus directeurs pour les deux séries de systèmes orthogonaux, on aura, par de simples quadratures, des systèmes orthogonaux compris dans chacune de ces deux séries.

J'ai dit plus haut que M. Guichard avait été conduit au système des équations simultanées (A), (B), (B') par l'étude d'un problème particulier. Ce savant et ingénieux géomètre a obtenu en effet ces équations en se proposant de déterminer les systèmes triples pour lesquels on a

$$(6) \qquad H_i^2 + H_k^2 + H_l^2 = 0.$$

Comme l'a remarqué M. Guichard, ces systèmes jouent dans l'espace le même rôle que les systèmes orthogonaux et isothermes tracés sur une surface. Car si l'élément linéaire de la surface est

$$ds' = H_i^2\, d\rho_i^2 + H_k^2\, d\rho_k^2,$$

la condition d'isothermie peut toujours être ramenée à la forme

$$H_i^2 + H_k^2 = 0,$$

tout à fait analogue à la relation (6). Mais à cette relation (6), il vaut mieux en substituer une beaucoup plus générale et qui conduira au même résultat.

Cherchons les systèmes triples pour lesquels on a

$$(7) \qquad H_i^2 + H_k^2 + H_l^2 = \alpha(x^2 + y^2 + z^2) + \beta,$$

α et β désignant deux constantes quelconques. Lorsqu'elles deviennent nulles, on retrouve la relation (6), de sorte que notre problème comprend comme cas très particulier celui qui a été envisagé par M. Guichard.

Différentions l'équation (7) par rapport à ρ_i. Nous aurons

$$(8) \qquad \frac{\partial H_i}{\partial \rho_i} + \beta_{ik} H_k + \beta_{il} H_l = \alpha P_i.$$

Si nous joignons à ces équations les systèmes (F), (I), (K), *toutes* les

dérivées des fonctions P_i, H_i seront déterminées; et les conditions d'intégrabilité nous donneront, il est aisé de le reconnaître, en même temps que les équations (A) et (B), les équations (B').

Ainsi les systèmes orthogonaux pour lesquels la relation (7) est vérifiée doivent rentrer dans la classe que nous étudions ici.

Réciproquement si, supposant vérifiées les équations (A), (B), (B'), nous envisageons le *système complet* défini par les équations (8), (F), (I), (K), il est facile de voir qu'il admettra l'intégrale quadratique

$$H_i^2 + H_k^2 + H_l^2 = \alpha(P_i^2 + P_k^2 + P_l^2) + \beta \tag{9}$$

identique à la relation (7), puisqu'on a, d'après les formules (E),

$$P_i^2 + P_k^2 + P_l^2 = x^2 + y^2 + z^2. \tag{10}$$

Le cas particulier où la constante α est nulle mérite d'être signalé. Alors les équations (8) ne contiennent plus que les H_i; et les deux systèmes (I) et (8) auxquels satisfont ces inconnues sont les mêmes, aux notations près, que les systèmes (C') et (D') auxquels satisfont les X'_i, Y'_i, Z'_i. On a donc pour les valeurs générales des H_i les expressions suivantes déjà rencontrées

$$H_i = aX'_i + bY'_i + cZ'_i \tag{11}$$

avec la condition

$$a^2 + b^2 + c^2 = \beta. \tag{12}$$

Dans le cas particulier envisagé par M. Guichard, la constante β est nulle comme α, et l'on doit avoir

$$a^2 + b^2 + c^2 = 0; \tag{13}$$

en sorte que la détermination des deux séries de cosinus fournit la solution complète et générale du problème posé par M. Guichard.

Après ces applications particulières se présentent des remarques et des conséquences générales. Ce sera l'objet d'une autre Communication.

M. H. **Poincaré** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Savants et Écrivains* et où il a réuni diverses biographies de savants, auxquelles il a joint son discours de réception à l'Académie française.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Crova* décédé :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 35 :

M. Jean Bosscha	obtient	30 suffrages
M. Ch.-Ed. Guillaume	»	2 »
M. J.-J. Thomson	»	2 »
M. S. Arrhenius	»	1 suffrage

M. **Jean Bosscha**, ayant réuni la majorité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Mathématiques en Portugal*, par M. Rodolphe Guimarães.

2° Deux brochures du commandant G. Roncagli, de la Marine italienne, intitulées : *La marina libera et il premio di traffico* et *Il premio di traffico*. (Présentées par M. L.-E. Bertin.)

3° *Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires*, par M. J. Lewkowitsch, traduit par M. Émile Bontoux. (Présenté par M. A. Haller.)

4° *Les sécheries agricoles*, par D. Sidersky. (Présenté par M. Müntz.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Deuxième série de recherches sur la comète de Halley et son spectre à l'Observatoire de Meudon.* Note de MM. **A. Bernard** et **P. Idrac**, présentée par M. H. Deslandres.

Une première Note sur le spectre de la comète de Halley a été présentée par Deslandres et Bernard le 13 décembre 1909 (¹). L'étude du spectre a été poursuivie depuis cette époque avec les mêmes appareils, et aussi avec

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLIX, n° 24, p. 1103.

un appareil plus puissant, récemment organisé par M. Deslandres et déjà utilisé pour la comète Innes. Ce dernier appareil est formé d'une chambre prismatique, à prisme de flint, de grande ouverture ($0^m,25$) et de 22° d'angle, et d'un miroir parabolique de même ouverture et de $0^m,75$ de distance focale, qui donne une grande concentration de lumière, le rapport d'ouverture étant $\frac{1}{3}$.

Nous donnons ici les résultats de cette deuxième série de recherches.

La première Note avait annoncé des condensations nettes qui correspondaient aux bandes ultraviolettes λ 388 du cyanogène et λ 391 de l'azote; la première de ces bandes, de beaucoup la plus forte, était bien visible sur les épreuves des 6, 8, 12 et 13 décembre. D'ailleurs Frost et Parkhurst (1) signalaient que la lumière de la comète de Halley était, le 31 décembre 1909, due principalement à la troisième bande du cyanogène.

a. 7 janvier 1910 (2). Le spectre obtenu ce jour indique de plus que la nébulosité qui entoure le noyau cométaire était principalement composée de cyanogène. Donc, à cette époque, le cyanogène représenté par la bande λ 388 dominait nettement les autres corps.

b. 9 février; 2, 3 et 4 mars 1910. Les différents spectres obtenus sont formés des radiations déjà signalées; ils montrent aussi nettement une bande forte dans le bleu, qui correspond vraisemblablement à la quatrième bande du carbone, λ 474. Deux autres bandes plus faibles ont été relevées tout près de λ 408 et λ 438. De plus, l'intensité lumineuse relative des deux radiations 388 et 474, qui donnait une prédominance nette au cyanogène sur les épreuves du 7 janvier et également sur celle du 9 février (3), paraît s'être égalisée.

La comète de Halley paraissait donc avoir à ce moment la même composition chimique que la comète Innes 1910*a* à une certaine distance de son périhélie.

c. 25, 26, 29 avril et 4 et 5 mai 1910. La comète, qui avait disparu dans le rayonnement solaire, est redevenue observable le matin. Une observation de Giacobini (4) du 17 avril 1910 l'indique comme une nébulosité circulaire de 30″ à 35″ de diamètre, avec forte condensation centrale. Giacobini ajoutait que son apparence était stellaire, et qu'on ne distinguait

(1) *Astron. Nachr.*, n° 4381.

(2) Temps astronomique.

(3) Cette épreuve du 9 février a été faite par d'Azambuja.

(4) *Comptes rendus*, t. 150, n° 16, 18 avril 1910.

aucune queue, sinon un petit renflement de la nébulosité circulaire, mesurant à peine 1″ d'arc en longueur.

Or le 25 avril (temps astronomique), son aspect s'était légèrement modifié. Elle apparaissait, dans nos lunettes de 8 et de 6 pouces, comme une condensation planétaire, très ronde (diamètre 5″ d'arc environ), très brillante, d'éclat uniforme. Elle était entourée du côté du Soleil d'une nébulosité hémisphérique d'environ 30″ d'arc de diamètre, de laquelle s'échappait à la périphérie et dans la direction opposée au Soleil deux jets très courts formant un commencement de queue que seule la photographie a pu révéler. L'ensemble de la comète avait un éclat perlé; elle pouvait être estimée de deuxième grandeur.

Les photographies directes faites les 25, 26 et 29 avril montrent le développement de la queue; sur l'épreuve du 26, la queue, très faible, était constituée par le prolongement des extrémités de la nébulosité, la partie centrale restant sombre; cette queue s'étendait jusqu'à plus de 1°, elle avait une forme conique d'angle faible [1] (8° à 12°); à une certaine distance du noyau sa largeur était de 10′ à 15′ d'arc.

Les 4 et 5 mai, elle avait encore la même apparence, mais sa luminosité avait beaucoup augmenté; on pouvait la considérer comme étant de première grandeur environ.

Les observations ont été fort gênées par la Lune, l'aurore et les brumes de Paris.

Les photographies spectrales prises le 26 avril avec plusieurs chambres prismatiques ne donnent que la bande des hydrocarbures λ 474.

Le 4 mai, deux clichés obtenus avec la chambre prismatique de $0^m,25$ d'ouverture montrent nettement le spectre continu du noyau. Le spectre de la chevelure est représenté par deux condensations bien définies correspondant à la bande 474 des hydrocarbures et à la bande 388 du cyanogène. Cette dernière n'est cependant pas visible sur le premier cliché, obtenu quand la comète était encore basse sur l'horizon, quoique la bande des hydrocarbures y soit aussi intense. Ce fait est dû peut-être à l'absorption plus forte de l'atmosphère pour λ 388 que pour λ 474.

d. 7 mai. La comète a encore augmenté d'éclat; on peut l'estimer de grandeur 0,5 environ; la queue que nous n'avions pu encore discerner oculairement est visible très facilement à l'œil nu sur une longueur de 1° environ.

---

[1] Ceci confirme les observations photographiques relevées à Lick, les 11, 12 et 13 décembre 1909 (*Lick Observatory Bulletin*, n° 174, p. 183).

La forme de la tête de la comète s'était modifiée légèrement depuis l'avant-veille; le noyau paraissait quelque peu allongé dans une direction perpendiculaire à celle Soleil-comète; aux extrémités du grand axe se voyaient deux jets qui se perdaient dans la chevelure environnante.

Deux spectres de la comète ont été pris, l'un sur plaque Σ, l'autre sur une plaque Wratten sensible à toutes les radiations de longueur d'onde inférieure à λ 700. Sur ces deux plaques, le spectre continu du noyau est intense et s'étend de λ = 660 à λ = 395 environ. La bande 474 des hydrocarbures, qui correspond à une région de grande sensibilité des plaques, est très forte dans la chevelure, et l'on distingue les autres λ 516 et λ 568.

La bande 388 du cyanogène se voit aussi, mais elle est beaucoup plus faible.

ASTRONOMIE. — *Sur la polarisation de la lumière lunaire.* Note de M. **J.-J. Landerer**, présentée par M. Bigourdan.

Le procédé dont je me suis servi, en 1889, pour mesurer l'angle de polarisation de la lumière de la Lune, a récemment donné lieu à quelques critiques. Aussi je demande à l'Académie la permission de compléter la Note où ma méthode fut exposée [1], en ajoutant les raisons suivantes, qui me semblent de nature à éclairer la question.

La méthode dont il s'agit repose : 1° sur un fait d'observation, la polarisation de la lumière lunaire; 2° sur un fait en partie d'observation aussi, mais qui découle, en outre, d'une induction rationnelle, savoir la nature âpre ou raboteuse des mers lunaires, et l'unité de leur composition globale, déduite du processus éruptif dont elles dérivent. On sait, en effet, qu'à un moment donné de l'évolution sélénologique, la matière ignée fit éruption, en s'épanchant sur les vastes dépressions d'une large ceinture équatoriale et en envahissant les circonvallations ébréchées; et, bien que le phénomène se soit reproduit plusieurs fois, ainsi que le prouve l'aspect échelonné de certaines mers, il est évident que la teinte grise presque uniforme que l'on y remarque, plaide en faveur d'un magma originaire unique. Quoi qu'il en soit, il ne faut pas oublier que la polarisation bien sensible qu'elles produisent est un effet d'ensemble.

Cet effet explique pourquoi les travaux de Lord Rose, en prenant pour

---

[1] *Comptes rendus*, t. CIX, p. 360-362.

point d'incidence une surface restreinte du sol lunaire, n'ont pas abouti à un résultat décisif, et c'est pour cela que l'auteur de ces lignes imagina la méthode qui nous occupe. Ce même effet prouve encore que l'étude de la polarisation par diffusion ne peut être réalisée avec succès que sur des surfaces d'une étendue considérable, telles que nous les offre notre satellite, où, grâce à l'étendue du sol actif, la somme des aspérités produit un effet comparable, quoique d'un ordre différent, à celui d'une plaque de verre mal polie.

Des raisons faciles à comprendre font voir que l'incidence des rayons solaires sur le sol de la Lune sera d'autant plus efficace, pour la Terre, qu'elle se rapprochera davantage du milieu du croissant. S'il s'agissait d'une surface parfaitement polie, le point d'incidence serait unique; mais sur une surface raboteuse, et tel est notre cas, l'incidence s'opère sur un champ assez étendu de la région centrale du croissant, autour duquel la polarisation se fait encore sentir. Or ce champ, tombant toujours sur une mer ou sur un ensemble de mers, quelle que soit la position du satellite sur son orbite, et le déplacement que cette surface éprouve pendant l'intervalle des observations s'opérant entre des limites étroites, il en résulte que la proportion maximum de lumière polarisée que la méthode permet de saisir, en suivant les variations qu'elle éprouve au cours de la lunaison, répond bien à l'angle qu'il s'agit de mesurer [1].

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de* $0^m,26$ *d'ouverture).* Note de M. **Coggia**, présentée par M. Maurice Hamy.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avril 16.	16.33.19	+3. 2,76	— 5.33,5	15:10	23.54. 3,03	$-\bar{1},634$	82.11.14,7	$-0,770$	1
» 17.	16.29.39	+2.19,41	— 4.43,0	15:15	23.53.19,70	$-\bar{1},634$	82.12. 5,1	$-0,769$	2
» 18.	16.35.48	+1.38,30	— 3.57,3	15:10	23.52.38,61	$-\bar{1},631$	82.12.50,7	$-0,766$	3
» 21.	16.34.19	+0. 3,39	— 3.12,8	15:15	23.51. 3,75	$-\bar{1},628$	82.13.35,0	$-0,763$	4
» 23.	16.28. 5	—0.32,98	— 4. 8,2	15:10	23.50.27,42	$-\bar{1},627$	82.12.39,4	$-0,763$	5
» 26.	16.23.28	—0.32,05	— 9. 8,9	15:10	23.50.28,41	$-\bar{1},625$	82. 7.38,4	$-0,760$	6

[1] Je profite de l'occasion pour corriger une erreur de peu d'importance qui s'était glissée dans la Note précitée, et qui porte sur le dernier terme de l'expression générale de l'angle de polarisation. En me reportant aux notations employées dans le susdit travail, l'expression générale doit être écrite ainsi :

$$P = \frac{1}{2}[\lambda + 9' \sin \lambda - (p \sin u + 15' \cos \tfrac{1}{2} \lambda)].$$

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔΦ.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	⊙Φ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avril 27.	16.24. 1	−0.13,95	−12. 4,4	14:10	23.50.46,54	−ī,623	82. 4.42,8	−0,759	7
» 28.	16.24.34	−0.52,94	− 5.46,2	15:10	23.51.15,85	−ī,621	82. 1. 2,9	−0,758	8
» 29.	16.16.21	+1.34,60	− 0.49,3	15:10	23.51.56,98	−ī,624	81.56.34,8	−0,759	9
Mai 2.	16.17.16	−2.16,80	+ 3.43,8	15:10	23.55.29,93	−ī,619	81.36.32,1	−0,755	10
» 3.	16.25.41	−0.28,42	− 5.41,4	15:10	23.57.18,33	−ī,613	81.27. 6,8	−0,751	11
» 4.	16. 7.59	+1. 4,07	− 5.44,5	15:10	23.59.26,99	−ī,623	81.16. 8,5	−0,755	12
» 5.	16. 3.40	+0.34,80	+15.45,6	15:10	0. 2. 4,91	−ī,624	81. 3. 1,5	−0,756	13
» 6.	16.59.57	+3.43,85	+ 0.19,7	15:10	0. 5.13,99	−ī,626	80.47.35,5	−0,756	14

Étoiles de comparaison.

★	Gr.	R moyenne, 1910,0.	Réduction au jour.	Φ moyenne. 1910.0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..	7,6	23.51. 1,49	−1,22	82.16.39,0	+ 9,2	11818, Leipzig^{11}, AG
2..	7,6	23.51. 1,49	−1.20	82.16.39,0	+ 9,1	11818, Leipzig^{11}, AG
3..	7,6	23.51. 1,49	−1,18	82.16.39,0	+ 9,0	11818, Leipzig^{11}, AG
4..	7,6	23.51. 1,49	−1,13	82.16.39,0	+ 8,8	11818, Leipzig^{11}, AG
5..	7,6	23.51. 1,49	−1,09	82.16.39,0	+ 8,6	11818, Leipzig^{11}, AG
6..	7,6	23.51. 1,49	−1,03	82.16.39,0	+ 8,3	11818, Leipzig^{11}, AG
7..	7,6	23.51. 1,49	−1,00	82.16.39,0	+ 8,2	11818, Leipzig^{11}, AG
8..	8,1	23.50.23,89	−0,98	82. 6.40,9	+ 8,2	11813, Leipzig^{11}, AG
9..	8,7	23.50.23,33	−0,96	81.57.16,0	+ 8,1	11812, Leipzig^{11}, AG
10..	7,3	23.57.47,65	−0,92	81.32.40,6	+ 7,7	11858, Leipzig^{11}, AG
11..	7,3	23.57.47,65	−0,90	81.32.40,6	+ 7,6	11858, Leipzig^{11}, AG
12..	8,6	23.58.23,77	−0,88	81.21.45,5	+ 7,5	11864, Leipzig^{11}, AG
13..	8,3	0. 1.30,99	−0,88	80.47. 8,5	+ 7,4	11874, Leipzig^{11}, AG
14..	8,3	0. 1.30,99	−0,85	80.47. 8,5	+ 7,3	11874, Leipzig^{11}, AG

Les 16, 17 et 18 avril, on voit un gros noyau légèrement ovoïde. Aucune trace de queue.

Le 21, la comète se voit à l'œil nu, comme une étoile de troisième grandeur; noyau ovoïde de couleur jaunâtre. Il est enveloppé d'une chevelure s'étendant comme deux ailerons sous un angle d'environ 120°.

Le 23 le noyau a le même aspect que le 21; une chevelure uniformément brillante l'enveloppe et se prolonge en une queue d'environ + 3° séparée dans le sens de la longueur par une bande sombre. La Lune est presque pleine.

Le 26, la comète vue à l'œil nu paraît comme une étoile de deuxième grandeur avec une queue d'environ 1°. La Lune qui vient d'être pleine en masque certainement une bonne partie. Dans la lunette le noyau est plus petit que les jours précédents mais il est extraordinairement brillant et d'apparence stellaire bien caractérisée.

Le 27, le noyau est moins brillant que la veille, mais il est plus étendu. La queue,

beaucoup plus lumineuse sur les bords externes est nettement divisée en deux par une bande sombre dans le sens longitudinal.

Le 3 mai la queue a environ 6° à l'œil nu.

Le 5 mai, vue à l'œil nu la comète brille comme une belle deuxième grandeur; la queue a environ 10° de long et se recourbe en panache à son extrémité.

Dans la lunette le noyau est rond, brillant. Il est enveloppé d'une chevelure très lumineuse sur laquelle on voit nettement deux aigrettes en forme de triangle dont le sommet paraît s'implanter dans le noyau et dont l'ouverture, frangée, s'arrête au bord de la chevelure. Ces aigrettes sont larges, symétriques par rapport au noyau et perpendiculaires à l'axe de la queue.

Le 6 mai, vue à l'œil nu la comète est à peu près comme la veille.

Dans la lunette le noyau est plus brillant que le 5 et se continue par un secteur très lumineux tourné vers le Soleil et de 70° d'ouverture environ. Les aigrettes vues la veille ont disparu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse magnétique de quelques groupements chromophoriques.* Note [1] de M. **Paul Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

La susceptibilité moléculaire d'un composé organique $A^\alpha B^\beta C^\gamma \ldots$ peut se calculer en fonction des susceptibilités atomiques $\chi_\alpha \ldots$ des constituants par la formule

$$\chi_m = \Sigma \alpha \chi_\alpha + \Sigma \lambda \quad [2].$$

Pour ce qui nous occupe aujourd'hui, il suffira de rappeler que le terme correctif λ, relatif aux particularités de structure, est négatif quand il correspond à un noyau benzénique ou naphtalénique, mais qu'il prend au contraire une valeur positive relativement importante dans le cas de doubles liaisons certaines.

J'ai donné pour λ les valeurs $+57.10^{-7}$ et 120.10^{-7} suivant que la molécule est éthylénique ou polyéthylénique; l'étude récente des oximes, des aldazines, des azométhines m'a montré la généralité des remarques précédentes. Une double liaison diminue toujours le diamagnétisme. Par exemple, pour une liaison double entre carbone et azote, $\lambda = +90.10^{-7}$; pour deux liaisons, $\lambda = +100.10^{-7}$; enfin pour une double liaison entre azotes, $\lambda = +21.10^{-7}$.

Cette sensibilité de l'analyse magnétique aux doubles liaisons et la fidélité

---

(1) Présentée dans la séance du 2 mai 1910.

(2) Pascal, *Ann. de Chim. et de Phys.*, janvier 1910, p. 5.

avec laquelle les propriétés magnétiques suivent les moindres particularités de la structure moléculaire, m'a amené à appliquer mes recherches à l'étude des matières colorantes. On sait que de nombreux chimistes veulent y voir toujours un groupement chromophorique quinonique; une telle structure devait apparaître de suite dans le champ magnétique.

J'ai d'abord vérifié que les quinones se comportent vis-à-vis de ce réactif comme des dicétones diéthyléniques. Ainsi, pour la quinone, χ_m est égal à -430.10^{-7}, valeur très voisine du chiffre -425.10^{-7} calculé pour la forme cétonique, et très différente de -635.10^{-7}, qui correspondrait à la forme phénolique.

Ces mesures préliminaires m'ont permis d'obtenir les résultats suivants :

Colorants azoïques. — 1° Les aminoazoïques se comportent magnétiquement comme des azoïques vrais. On trouve en effet :

	$-10^7\chi_m$.	Calculé. Azoïque.	Calculé. Quinonique.
Amidoazobenzène.....	1233	1238,5	1044,5
Amidoazotoluène.....	1481	1485,5	1291,5
Chrysoïdine.....	1315	1317	1123

2° Les oxyazoïques ont une constitution dépendant des substitutions à l'oxygène et de la température. A froid, les azoïques substitués à l'oxygène sont généralement de vrais azoïques; les non-substitués contiennent un mélange de l'azoïque vrai et du tautomère quinonique. Ainsi, on a

	$-10^7\chi_m$.	Calculé. Azoïque.	Calculé. Quinonique.
Oxyazobenzol.....	1037	1221,5	1011
Méthoxyazobenzol.....	1238	1341	1133,5
Benzolazo-β-naphtol...	1466	1566	1351,5
Paraazoanisol.....	1537	1530	1227
Paraazophénétol.....	1786	1777	1472

Par échauffement ou fusion, ces corps rougissent et gardent plus ou moins cette nouvelle couleur par la trempe. On peut même isoler une forme rouge bien définie du paraazophénétol, instable au-dessus de 94°. Ces modifications, d'ailleurs endothermiques, qui aboutissent à un corps plus coloré, correspondent à l'apparition d'une structure quinonique, comme le montrent les chiffres suivants :

	$-10^7\chi_m$.	Calculé. Azoïque.	Calculé. Quinonique.
Paraazoanisol rouge....	1210	1530	1227
Paraazophénétol rouge.	1460	1777	1472

En modifiant la vitesse de trempe, on obtient souvent des cristaux dont la couleur

passe du rouge au jaune, et dont la susceptibilité varie comme celle d'un mélange des deux tautomères phénolique et quinonique. Avec le paraazoanisol, on obtient en effet, pour $-10^{7}\chi_{m}$, les valeurs suivantes :

Cristaux jaunes, azoïques : 1537; jaune orangé : 1457; orangés : 1367; rouges, hydrazoniques : 1210.

Dérivés du triphénylméthane. — Dans ce groupe, l'*aurine* se comporte encore comme un dérivé quinonique. La susceptibilité moléculaire $\chi_m = -1679.10^{-7}$ (théorie : 1692,5) est en effet très différente de la valeur -1887.10^{-7} que devrait avoir la forme phénolique.

Par contre, la *fuchsine*, entre autres dérivés aminés, a les propriétés d'un composé normal. On trouve, pour elle, $\chi_m = -2300.10^{-7}$ (théorie 2258,5), valeur très éloignée du chiffre $-2043,5.10^{-7}$ correspondant à la forme quinonique.

Phénomènes de chromo-isomérie. — L'analyse magnétique permet enfin de préciser la structure des sels métalliques de diverses couleurs dérivés des phénols nitrés, halogénés, etc. Les formes incolores de ces sels se comportent comme des phénates normaux, tandis que les variétés colorées ont exactement les propriétés des tautomères quinoniques, beaucoup moins diamagnétiques.

Entre autres exemples, je citerai deux sels d'argent, tautomères, blanc et rouge, du 2.4.6.tribromophénol. Pour la variété blanche, phénolique, $\chi_m = -1861.10^{-7}$; par contre, pour la variété rouge, quinonique, on a $\chi_m = -1560.10^{-7}$.

Conclusion. — Les exemples précédents, qui m'ont déjà apparu comme susceptibles de généralisation, semblent montrer que l'existence d'une coloration marquée est presque toujours corrélative d'une structure quinonique, au moins dans les corps à fonction oxygénée. Souvent, d'ailleurs, la forme quinonique est accompagnée du tautomère phénolique, surtout à froid, quand la substance n'est pas encore fort colorée.

Par contre, dans les matières aminées, correspondant aux types précédemment étudiés, où l'azote n'entre pas comme élément constitutif d'une chaîne fermée, il ne semble pas exister de tautomère quinonique, dans les conditions ordinaires.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions de polymérisation.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henri Gaudechon**, présentée par M. Jungfleisch.

Les actions chimiques des rayons ultraviolets, reconnues depuis longtemps par la photographie, peuvent être produites aujourd'hui avec une grande intensité au moyen des lampes en quartz à vapeur de mercure.

Nous avons employé, soit une lampe Heræus de 110 volts consommant

2,5 ampères en régime normal et dont l'arc avait 4^{cm} de long, soit une lampe Westinghouse de 220 volts, consommant de 5 à 6 ampères et dont l'arc avait de 4^{cm} à 6^{cm} de long. Les gaz soigneusement desséchés, soumis aux rayons, étaient enfermés dans des tubes en quartz d'environ $0^{mm},6$ d'épaisseur. La pression était voisine de 75^{cm}.

Dans ces conditions, les gaz s'ionisent et deviennent conducteurs, et il se produit des effets chimiques remarquables.

Nous décrirons aujourd'hui les actions de polymérisation.

Polymérisation de l'acétylène. — 1° *Acétylène seul.* — Tube soumis à l'action de la lampe à 110 volts durant 1 heure à 2^{cm} de distance, 1 heure à 5^{cm}, 1 heure à 8^{cm}. Volume initial : $2^{cm^3},60$; volume final : $2^{cm^3},18$. Contraction : 16 pour 100. Au bout de quelques instants, on voit apparaître un brouillard dans le tube, puis, se déposer à la surface du mercure et sur les parois du tube une couche solide, d'épaisseur progressivement croissante, qui présente les colorations des lames minces. L'action chimique, d'abord très rapide, se ralentit bientôt, par suite de la non-transparence de ce dépôt aux rayons ultraviolets.

Ce précipité est de couleur jaune faune, et présente l'odeur spéciale des polymères de l'acétylène obtenus par l'action de l'effluve sur ce gaz.

Il n'y a pas de benzine liquide. Le gaz résiduel est entièrement absorbable par le chlorure cuivreux ammoniacal. Il y a donc eu polymérisation sans décomposition.

L'action chimique précédente, comme celles qui sont liées à l'ionisation des gaz, est favorisée par la diminution de pression qui rend les gaz meilleurs conducteurs. Elle l'est également par l'adjonction d'un gaz inerte, qui diminue la tension propre du gaz actif dans le mélange.

2° *Acétylène et hydrogène.* — Même exposition que dans l'expérience précédente. Volume initial : $1^{cm^3},82$ composé de $0^{cm^3},97\ C^2H^2 + 0^{cm^3},85\ H^2$. Volume final : $1^{cm^3},49$ composé de $0^{cm^3},65\ C^2H^2 + 0^{cm^3},84\ H^2$.

L'écart entre $0^{cm^3},85$ et $0^{cm^3},84$ étant de l'ordre des erreurs de mesure, on voit que tout l'hydrogène se retrouve à l'état libre. Il a donc joué le rôle de gaz inerte. Mais la tension propre de l'acétylène étant environ la moitié de celle de l'expérience précédente, la contraction a passé de 16 pour 100 à 33 pour 100, c'est-à-dire a sensiblement doublé. Les parois sont tapissées du dépôt jaune.

3° *Mélange d'acétylène et d'azote.* — Tube soumis 4 heures 30 minutes à l'action de la lampe 110 volts, à une distance moyenne de 5^{cm}. Volume

initial $3^{cm^3},14$, composé de $1^{cm^3},68\ C^2H^2 + 1^{cm^3},46\ Az^2$. Volume final $2^{cm^3},72$, composé de $1^{cm^3},26\ C^2H^2 + 1^{cm^3},46\ Az^2$. L'azote primitif se retrouve intact; il n'y a pas eu d'acide cyanhydrique formé.

L'acétylène n'est pas modifié, mais son volume est diminué des $0^{cm^3},42$ qui correspondent au polymère jaune déposé sur les parois; sa contraction a été de 25 pour 100.

Polymérisation de l'éthylène. — 1° *Éthylène seul.* — Tube soumis à l'action de la lampe de 220 volts à 4^{cm} de distance, durant 2 heures. Volume initial $2^{cm^3},72$; volume final $2^{cm^3},42$. Contraction 11 pour 100. Une partie du gaz résiduel est analysée par combustion, puis par addition de potasse et de pyrogallol.

	Gaz total.	CO^2 forme.	Contraction.	O consommé.	Résidu.
Observé.....	$1^{cm^3},25$	$3^{cm^3},48$	$2^{cm^3},50$	$3^{cm^3},74$	0.01
Calculé pour C^2H^4.	$1^{cm^3},24$	$2^{cm^3},48$	$2^{cm^3},48$	$3^{cm^3},72$	0,00

Le gaz résiduel est donc de l'éthylène pur. Il s'est formé un polymère liquide cireux, qui exhale une odeur de graisse rance, et bout un peu au-dessus de 100°. C'est un corps qui rappelle le caprylène ou les corps homologues obtenus dans la décomposition pyrogénée des cires.

Dans une autre expérience, après 3 heures d'exposition à 5^{cm} environ de distance de la lampe de 110 volts, l'éthylène s'est contracté de 13 pour 100 avec formation du même polymère. Le gaz résiduel, analysé comme précédemment, est de l'éthylène pur.

La facilité et la simplicité de cette réaction déterminée par les rayons ultraviolets contraste avec les résultats négatifs antérieurs de Goriainoff et Boutleroff qui déclarent dans leur Mémoire *Sur les polyolènes :* « Nous avons cherché à polymériser l'éthylène, mais sans y réussir » (*Ann. der Chem.*, t. CLXIX, 1873, p. 147).

2° *Mélange d'éthylène et d'acétylène.* — Tube soumis durant 2 heures au rayonnement de la lampe à 220 volts, à 4^{cm} de distance. Volume initial $3^{cm^3},22$, composé de $1^{cm^3},52\ C^2H^2 + 1^{cm^3},70\ C^2H^4$. Volume final $2^{cm^3},36$. Contraction 26 pour 100.

Le tube de quartz est tapissé d'un revêtement solide jaune fauve, d'aspect identique au polymère de l'acétylène, et, en plus, d'un enduit gras entraînable par la chaleur au-dessus de 100°, sous forme de vapeurs lourdes d'odeur rance et semblable au produit de condensation donné par l'éthylène seul.

Polymérisation du cyanogène. Formation du paracyanogène. — 1° *Cya-*

nogène seul. — Tube soumis à l'action de la lampe 110 volts, 1 heure 30 minutes à 2^{cm} de distance, 1 heure 30 minutes à 5^{cm}, 1 heure 30 minutes à 8^{cm}. Volume initial $1^{cm^3},94$. Volume final $1^{cm^3},58$. Contraction 18,5 pour 100. Au bout de quelques secondes, on voit se précipiter sur les parois du tube un dépôt solide, de couleur marron, qui représente du paracyanogène; cet écran ralentit, puis arrête l'action ultérieure des rayons ultraviolets. Le gaz résiduel est entièrement absorbable par la potasse; il représente du cyanogène pur, sans azote; le dépôt solide est entièrement soluble dans la potasse, et ne contient par suite pas de carbone libre.

2° *Mélange de cyanogène et d'acétylène.* — Tube exposé à la lampe de 110 volts, 1 heure à 3^{cm} de distance, puis 2 heures à 8^{cm} environ. Volume initial $3^{cm^3},82$, composé de $2^{cm^3},14\,C^2H^2 + 1^{cm^3},68\,CAz$. Volume final $3^{cm^3},37$, composé de $1^{cm^3},99\,C^2H^2 + 1^{cm^3},38\,CAz$. L'analyse a été faite par combustion, puis addition de potasse et de pyrogallol.

La surface du tube est couverte d'un dépôt jaune brun, mélange de paracyanogène et d'acétylène condensés qui, dans l'expérience précédente, répond à la composition $C^2H^2 + 2C^2Az^2$. Ce dépôt, chauffé, dégage du cyanogène pur.

Polymérisation de l'oxygène. Formation d'ozone. — Tube soumis au rayonnement de la lampe 110 volts, dans les mêmes conditions que le cyanogène seul. Volume initial $2^{cm^3},93$. Volume final $2^{cm^3},88$. Contraction 1,7 pour 100. Le mercure est fortement oxydé à la surface.

Dans une seconde expérience le tube a été placé à 2^{cm} de distance de la lampe 220 volts durant 3 heures. La contraction a été 2,8 pour 100. Le gaz contenu dans le tube oxyde une lame d'argent et répand une forte odeur d'ozone.

La formation d'ozone par les rayons ultraviolets se fait en proportion assez faible, ce qui explique qu'elle ait été niée récemment par certains observateurs; d'après ce qui précède, elle n'est cependant pas douteuse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la nature colloïdale des acides chromopolysulfuriques.* Note [1] de M. **Pablo-Martinez Strong**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Il y a quelques années, le professeur Recoura se consacra à l'étude des composés complexes du chrome et arriva à isoler diverses combinaisons

[1] Présentée dans la séance du 2 mai 1910.

sulfuriques dans lesquelles l'acide sulfurique se trouve dissimulé. Ces composés ont la propriété, quand ils sont en dissolution aqueuse, de précipiter les dissolutions de la plupart des sels métalliques, même des alcalins.

Ces investigations classiques ont été le point de départ pour mes expériences et j'ai pu confirmer dans celles-ci ses conclusions.

Frappé par l'aspect uniforme de tous les précipités obtenus en traitant les solutions des sels métalliques par dissolutions des acides chromopolysulfuriques, j'ai songé qu'on pourrait avoir affaire à des matières colloïdales, et alors ce ne seraient pas les acides chromopolysulfuriques les agents précipitants, mais bien les sels, qui seraient alors des réactifs de ces acides.

Cette idée est confirmée par le fait que les acides chromopolysulfuriques présentent, en outre, d'autres caractères propres aux corps colloïdaux, celui d'être précipités ou mieux, coagulés par les acides minéraux et par la chaleur.

Pour démontrer la nature colloïdale des acides chromopolysulfuriques et de l'hydrate sulfochromique, j'ai étudié leurs dissolutions aqueuses en employant l'ultramicroscope de Cotton et Mouton, d'après la technique suivie par ces auteurs. J'ai remarqué la présence de particules brillantes et nombreuses, animées de mouvements browniens caractéristiques, et ainsi j'ai prouvé que ce sont des colloïdes; de plus, le fait que ces dissolutions ne précipitent pas par l'ammoniaque conduit à considérer comme des colloïdes négatifs les acides chromopolysulfuriques et l'hydrate sulfochromique de Recoura, corps que j'ai préparé très facilement suivant les méthodes de ce savant.

Les expériences de J. Duclaux nous ont appris que les colloïdes préparés chimiquement ne sont stables que si le liquide intermicellaire contient des ions en relations chimiques avec les radicaux constitutifs du granule.

Dans le cas qui nous occupe, après coagulation des solutions des acides chromopolysulfuriques par les solutions des sels métalliques, il reste libres, dans le liquide, 3^{mol}, 4^{mol} ou 5^{mol} d'acide sulfurique, selon le cas. On ignore si cet acide sulfurique est mis en liberté quand on ajoute la solution métallique, ou s'il reste libre par le seul fait de la dissolution de l'acide chromopolysulfurique, ou si, au contraire, il était déjà séparé dans le composé solide complexe.

M. Wyrouboff se déclare partisan de cette dernière hypothèse. Mais, tenant compte des relations existant entre la composition du liquide intermicellaire et celle du granule, je crois que rien ne s'oppose à ce que, au moment de la dissolution, l'acide sulfurique reste libre, de telle sorte que le liquide intermicellaire pourrait contenir l'acide sulfurique, et le granule serait formé par un corps coagulable de la formule $[Cr^2(SO^4)^5]H_2$, commun aux trois acides chromopolysulfuriques, comme on peut le voir par les équations suivantes :

Acide chromotétrasulfurique :

$$Cr^2(SO^4)^3 + 4H^2SO^4 - 3H^2SO^4 = [Cr^2(SO^4)^5]H^2.$$

Acide chromopentasulfurique :

$$Cr^2(SO^4)^3 + 5H^2SO^4 - 4H^2SO^4 = [Cr^2(SO^4)^4]H^2.$$

Acide chromohexasulfurique :

$$Cr^2(SO^4)^3 + 6H^2SO^4 - 5H^2SO^4 = [Cr^2(SO^4)^4]H^2.$$

On remarque que le corps constitutif du granule, semblable pour les trois acides complexes, a la même formule que l'hydrate sulfochromique $[Cr^2O^3(SO^3)^4](OH)^2$, qu'on obtient en chauffant de 140° à 150° les trois acides chromopolysulfuriques, qui perdent dans ces conditions 3^{mol}, 4^{mol} ou 5^{mol} d'acide sulfurique, selon l'acide, de la même manière que par le simple fait de la dissolution, 3^{mol}, 4^{mol} ou 5^{mol} d'acide sulfurique se séparent, laissant dans les deux cas, comme produit actif final, le complexe

$$[Cr^2O^3(SO^3)^4](OH)^2,$$

appelé *hydrate sulfochromique*, que je regarde comme le corps fondamental constitutif du granule et qui est, pour ainsi dire, le squelette des acides chromopolysulfuriques.

Au cours des expériences, j'eus l'occasion d'observer le retour du sulfate de chrome vert au sulfate violet cristallisé.

Les dissolutions, renfermant des proportions de sulfate de chrome vert et d'acide sulfurique, qui servent dans la préparation des acides chromopolysulfuriques et concentrées par chauffage au bain-marie, donnent, quand on les abandonne à la température ordinaire pendant 3 ou 4 jours, des cristaux octaédriques de sulfate violet de chrome, ce qu'on ne peut pas obtenir par le simple chauffage, et refroidissement d'une solution de sulfate vert de chrome dans l'eau, sans y ajouter de l'acide sulfurique.

On peut supposer que cela est dû à l'action hydratante de l'acide sulfurique dilué, qui déterminerait le passage du sulfate vert au sulfate violet de chrome.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques trialcoylacétonaphtones et leur dédoublement par l'amidure de sodium.* Note de M. **V. Volmar**, présentée par M. A. Haller.

MM. Haller et Bauer, en faisant réagir les iodures alcooliques sur les acétophénones sodées, ont obtenu des mono-, di- et trialcoylacétophénones (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70). En traitant ces trialcoylacétophénones par l'amidure de sodium, ils ont opéré leur dédoublement en benzène et amides trialcoylacétiques (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 127). Nous

nous sommes proposé de préparer des cétones de la forme

$$C^{10}H^7 - CO - C\begin{cases} R^1 \\ R^2 \\ R^3 \end{cases}$$

et de leur appliquer la même réaction.

Nous avons préparé les méthylnaphtylcétones α et β par la méthode indiquée par M. Rousset (*Bull.*, 3e série, t. XV, p. 58). Ces cétones ont ensuite été traitées de la façon suivante :

20g de cétone ont été dissous dans 70g de benzène sec et additionnés de la quantité théorique d'amidure de sodium finement pulvérisé; le mélange a été chauffé au bain-marie jusqu'à ce que l'amidure eut complètement disparu; l'ammoniaque qui se dégage a été recueilli et dosé pour suivre la marche de la réaction. On fait ensuite tomber goutte à goutte dans le liquide brun, très hygroscopique, ainsi obtenu, de l'iodure alcoolique en léger excès et l'on continue à chauffer 3 heures au bain-marie. On constate la formation d'un précipité blanc plus ou moins abondant d'iodure de sodium. Le produit obtenu est ensuite traité par l'eau, décanté, lavé, séché et distillé. On obtient ainsi un mélange de cétones substituées contenant encore de petites quantités du produit primitif n'ayant pas réagi. La séparation de ces corps a été parfois pénible : quand l'une des cétones seule donne un picrate, il est facile de faire la séparation; quand toutes les cétones se combinent à l'acide picrique, on sépare les picrates par cristallisation dans l'alcool; quand on se trouve en présence de cétones cristallisées, on les sépare par cristallisations fractionnées.

Les *monométhylacétonaphtones* α et β, $C^{10}H^7CO\,CH^2CH^3$, les *diméthylacétonaphtones* α et β. $C^{10}H^7CO\,CH\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$, avaient déjà été préparées par M. Rousset au moyen de la réaction de Friedel et Crafts et les constantes que nous avons trouvées pour ces cétones et leurs oximes correspondent à celles qu'il avait indiquées.

La *triméthylacétonaphtone* α, $C^{10}H^7CO\,C\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$, obtenue par trois méthylations successives de l'acétonaphtone α, se présente sous forme de cristaux blancs, fondant à 73°-74° et bouillant à 184°-186° sous 19mm. Traitée par l'acide picrique en solution alcoolique, même très concentrée, elle ne donne pas de picrate; l'oxime obtenue péniblement en chauffant la cétone avec du chlorhydrate d'hydroxylamine et de l'oxyde de zinc en présence d'alcool, se présente sous forme d'aiguilles blanches fondant à 198°-199°.

La *triméthylacétonaphtone* β, $C^{10}H^7 - CO - C\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$, obtenue par méthylation

de l'acétonaptone β, est une huile épaisse, à peine colorée, bouillant à 184°-186° sous 16^{mm}. Le picrate, en aiguilles jaunes, fond à 74°-75°. L'oxime, obtenue au moyen du réactif de Crismer, est en aiguilles blanches fondant à 193°-194°.

La *diméthyléthylacétonaphtone* α, $C^{10}H^{7}-CO-C\begin{cases}CH^{3}\\CH^{3}\\C^{2}H^{5}\end{cases}$, obtenue en méthylant deux fois et éthylant une fois l'acétonaphtone α, est une huile, légèrement jaune, bouillant à 185°-187° sous 14^{mm}, ne donnant pas de picrate. L'oxime, obtenue au moyen du réactif de Crismer, est en aiguilles blanches fondant à 171°-172°.

La *diméthyléthylacétonaphtone* β, $C^{10}H^{7}-CO-C\begin{cases}CH^{3}\\CH^{3}\\C^{2}H^{5}\end{cases}$, obtenue en méthylant deux fois et éthylant une fois l'acétonapthone β, est une huile peu colorée, bouillant à 187°-189° sous 14^{mm}, ne donnant pas de picrate. L'oxime, obtenue au moyen du réactif de Crismer, est en aiguilles blanches fondant à 183°-184°.

Les deux triméthylacétonaphtones et les deux diméthyléthylacétonaphtones ainsi obtenues ont ensuite été traitées par l'amidure de sodium de la façon suivante :

6^{g} de cétone ont été dissous dans 40^{g} de benzène ou de toluène secs et additionnés d'amidure de sodium finement pulvérisé en léger excès; le mélange a été maintenu 6 heures environ à l'ébullition; pendant cette opération il ne s'est pas dégagé d'ammoniaque. Après refroidissement le produit a été traité par l'eau et décanté. La liqueur alcaline a été acidulée par de l'acide chlorhydrique jusqu'à acidité franche, puis épuisée à l'éther. La solution benzénique a été privée de benzène par distillation au bain-marie, puis le résidu a été rectifié dans le vide.

La *triméthylacétonaphtone* α ainsi traitée ne s'est pas coupée intégralement, même après 10 heures de chauffage au sein du toluène; en partant de 6^{g} de cétone, nous avons obtenu 1^{g},6 d'amide pivalique $(CH^{3})^{3}-C-CONH^{2}$ fondant à 154° et 2^{g} de naphtaline fondant à 80°, après sublimation. Nous avons retrouvé 2^{g} de cétone n'ayant pas réagi.

Avec la *diméthyléthylacétonaphtone* α (6^{g}), la réaction a été également incomplète; nous avons obtenu 1^{g} d'amide diméthyléthylacétique $\begin{matrix}(CH^{3})^{2}\\C^{2}H^{5}\end{matrix}\!\!>C-CONH^{2}$ fondant à 103°-104° et 1^{g},8 de naphtaline fondant à 80°. Il a été retrouvé, en outre, 2^{g} de cétone n'ayant pas réagi.

Avec la *triméthylacétonaphtone* β (6^{g}), la coupure a été presque intégrale, mais elle s'est produite surtout en sens inverse; nous n'avons obtenu que de petites quantités d'amide pivalique et de naphtaline, mais en revanche il s'est formé une notable quantité d'amide naphtoïque qui d'ailleurs a été en partie saponifié par la soude naissante; nous avons obtenu 1^{g} d'amide β-naphtoïque fondant à 192°-193° et 1^{g},2 d'acide

β-naphtoïque fondant à 178°-179°. A côté de l'amide β-naphtoïque, il a dû se former un carbure gras gazeux $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH^3$ que nous n'avons pas recueilli.

Avec la *diméthyléthylacétonaphtone* β (6g), la coupure s'est faite comme dans le cas précédent; nous avons obtenu 0g,6 d'amide β-naphtoïque fondant à 192°-193° et 1g,5 d'acide β-naphtoïque fondant à 178°-179°. Il s'est toutefois produit également de petites quantités d'amide diméthyléthylacétique et de naphtaline. Nous n'avons pas pu isoler le carbure gras correspondant $(CH^3)^2 = CH - C^2H^5$.

En résumé, les trialcoylacétonaphtones, traitées par l'amidure de sodium, nous ont donné une réaction de dédoublement; avec les isomères α, ce dédoublement s'est produit comme dans le cas des trialcoylacétophénones, tandis qu'avec les isomères β, il s'est produit surtout en sens inverse. Ces résultats sont d'accord avec ceux qu'avait déjà obtenus Mlle Lucas en partant des phénylnaphtylcétones (*Ann. de Phys. et Chim.*, 8e série, t. XVII, p. 137).

Nous nous proposons de continuer ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de thionyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes.* Note de MM. **V. Grignard** et **L. Zorn**, présentée par M. A. Haller.

La courte Note que vient de publier M. Strecker [1] sur ce sujet nous oblige à faire connaître les résultats encore incomplets de recherches que nous avions commencées il y a plusieurs années déjà, dans la même voie, et que des circonstances indépendantes de notre volonté nous ont obligés d'interrompre.

On pouvait prévoir *a priori* pour le chlorure de thionyle deux modes de réaction. Le plus simple consiste dans la substitution des 2at de chlore par deux radicaux organiques, pour donner des sulfinones :

$$(1) \qquad SOCl^2 + 2RMgX = 2MgXCl + SO\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>.$$

Ou bien la réaction va plus loin, parallèlement à celle du phosgène, étudiée par l'un de nous [2], de la manière suivante :

$$(2) \qquad SOCl^2 + 3RMgX = 2MgXCl + \begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>S<\begin{matrix}R\\OMgX\end{matrix}$$

conduisant ainsi, par hydrolyse, à des hydrates de sulfines $R^3S.OH$.

---

[1] *D. ch. Ges.*, 1910, p. 1133.

[2] Grignard, *Comptes rendus*, 1903, t. CXXXVI, p. 815.

En fait, la première réaction paraît se passer seule avec les organomagnésiens aromatiques, tandis que la seconde semble intervenir, au moins partiellement, avec les organomagnésiens aliphatiques. Seulement, dans ce dernier cas, le complexe sulfonium qui prend naissance n'est pas stable et il peut se dédoubler de deux manières :

$$(3)\qquad \begin{matrix} R \diagdown \\ R \diagup \end{matrix} S \begin{matrix} \diagup R \\ \diagdown OMgX \end{matrix} = \begin{matrix} R \diagdown \\ R \diagup \end{matrix} S + ROMgX,$$

$$(4)\qquad \begin{matrix} R \diagdown \\ R \diagup \end{matrix} S \begin{matrix} \diagup C^nH^{2n+1} \\ \diagdown OMgX \end{matrix} = \begin{matrix} R \diagdown \\ R \diagup \end{matrix} S + C^nH^{2n} + MgXOH.$$

On obtient ainsi un sulfure organique à côté d'un alcool ou d'un hydrocarbure éthylénique. L'organomagnésien fonctionne, en somme, comme agent de réduction de la sulfinone primitivement formée d'après la réaction (1).

Voici, en effet, les résultats fournis par l'expérience :

I. Si l'on fait tomber peu à peu 1^{mol} de chlorure de thionyle dans 3^{mol} de bromure d'isoamylmagnésium, on observe une vive réaction, et la solution se partage en deux couches. Après décomposition sur la glace, la solution éthérée fournit la *diisoamylsulfinone*, bouillant à 148° sous 12^{mm} et cristallisant immédiatement en aiguilles fusibles à 37° (rendement 50 pour 100).

On isole à côté, dans les portions inférieures, du *sulfure d'isoamyle*, bouillant à 98°-100° sous 14^{mm} (14 pour 100), et de *l'alcool amylique* en quantité beaucoup trop forte pour que sa présence puisse s'expliquer par l'oxydation accidentelle de l'organomagnésien. Nous n'avons pas réussi à déceler dans les eaux mères l'existence d'un hydrate de sulfine, soit à l'état de base libre, soit sous forme de sel.

Pour vérifier que la formation du sulfure organique est due à l'action subséquente de l'organomagnésien sur la sulfinone, nous avons fait réagir 1^{mol} de diisoamylsulfinone sur 1^{mol} de bromure d'isoamylmagnésium.

La réaction est peu vive ; on l'abandonne 12 heures à elle-même, puis on décompose sur la glace. On retrouve environ les deux tiers de la sulfinone et, au lieu de l'hydrate de sulfine, du sulfure d'isoamyle et de l'alcool amylique, comme précédemment.

La première réaction paraît donc bien se conformer aux équations (2) et (3).

Si l'on opère avec le bromure d'éthylmagnésium, on constate qu'il se dégage un gaz fixant le brome, vraisemblablement de l'éthylène, et l'on ne réussit pas à isoler autre chose qu'une quantité relativement faible de *sulfure d'éthyle*. La réaction paraît donc être, dans ce cas, très incomplète et obéir aux équations (2) et (4).

II. Avec les organomagnésiens aromatiques, on n'observe plus que la réaction (1).

Le bromure de phénylmagnésium nous a donné, comme à Strecker, la *diphénylsulfinone* qui bout à 206°-208° (corr.) sous 13^{mm}, et fond à 70° après recristallisation dans l'éther (rendement 59 pour 100).

Le *p*-bromanisol-magnésium conduit, avec un rendement médiocre, à la *p-p'-dianisylsulfinone* $CH^3O-(C^6H^4)^2SO$, qui fond, après recristallisation dans l'alcool méthylique aqueux, à 96°, comme celle de constitution incertaine, obtenue par Loth et Michaelis [1] en oxydant le thioanisol que leur fournit l'action du chlorure de thionyle sur l'anisol, en présence de $AlCl^3$.

Enfin le magnésien de la bromodiméthylhydroquinone nous a donné, avec un mauvais rendement, la *bis* (*diméthoxy*-2.5-*phényl*) *sulfinone*

$$\left[\begin{matrix}2CH^3O\\5CH^3O\end{matrix}\!\!>C^6H^3\right]SO,$$

encore inconnue, qui se dépose de l'alcool méthylique en glomérules de petits cristaux, fusibles à 124°-125°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers chloranthraniliques et sur leur condensation avec le nitrosobenzène.* Note de M. P. Freundler, présentée par M. A. Haller.

L'un des procédés qui m'ont permis d'accéder aux acides azoïques orthosubstitués et aux oxy-indazols correspondants, consistait à condenser le chloro-5-anthranilate de méthyle avec le nitrosobenzène [2]. J'ai amélioré considérablement cette méthode en chlorurant directement l'anthranilate de méthyle, et en effectuant la condensation à froid :

1. Une solution d'anthranilate de méthyle (100^g) dans l'acide acétique (250^g) additionné d'acide chlorhydrique concentré (300^g), est soumise à l'action d'un courant lent de chlore ($1^{mol}\frac{1}{10}$); on agite constamment et l'on maintient la température vers 15°; l'absorption est intégrale. La masse qui contient quelques cristaux est versée dans 5^l d'eau, ce qui provoque la précipitation du *dérivé dichloré*-3.5 formé (20^g-25^g); on essore et l'on fait cristalliser dans l'alcool méthylique dilué; aiguilles fusibles à 63°-64°, insolubles dans l'acide chlorhydrique. Les eaux mères, sursaturées par le carbonate

(1) *D. ch. Ges.*, 1894, p. 2540.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 909.

de soude, fournissent un précipité pâteux, constitué par un mélange d'anthranilate de méthyle et de son *dérivé chloré*-5; ce dernier est purifié par cristallisation dans l'alcool méthylique dilué, et fond à 76°. On en obtient environ 50g de premier jet. Les eaux mères sont ensuite évaporées, et le résidu soumis à une nouvelle chloruration.

En aucun cas, je n'ai pu limiter la réaction à la formation exclusive du monochloré; il ne paraît pas y avoir de saponification au cours de la chloruration.

II. La condensation du nitrosobenzène avec le chloranthranilate de méthyle fournit, en azoïque pur, un rendement de 10 pour 100 quand on opère à chaud (*loc. cit.*), et un rendement de 30 pour 100 lorsqu'on opère à la température ordinaire. L'acide chlorobenzène-azobenzoïque formé peut être purifié facilement par l'intermédiaire de son *sel de baryum* qui est très peu soluble dans l'eau (paillettes jaunes, hydratées, ou rouges, anhydres).

La réaction précédente fournit en outre un *produit jaune*, mordoré, fusible à 137° après dessiccation, et de l'azoxybenzène. Ce produit jaune, qui se sépare au bout de quelques jours de la solution acétique de nitrosé et d'éther chloré, répond à la formule $C^{14}H^{11}Az^2O^3Cl$; il diffère donc de l'éther chlorobenzène-azobenzoïque par 1at d'oxygène en plus. Sa formation est représentée par l'équation

$$3C^6H^5AzO + H^2Az.C^6H^4Cl.CO^2CH^3 = C^6H^5.Az^2O.C^6H^5 + C^{14}H^{11}Az^2O^3Cl + H^2O.$$

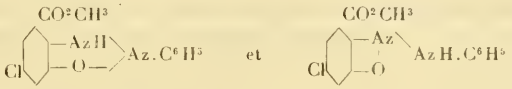
En effet, les quantités respectives d'azoxybenzène et du corps jaune sont sensiblement équimoléculaires; de plus, si l'on emploie molécules égales de nitrosé et d'éther chloré, on retrouve, à la fin de la réaction, un excès de ce dernier ou de l'acide correspondant.

Le corps jaune est une base faible; il forme avec les acides minéraux concentrés des sels bien cristallisés, rouge sang, dissociables totalement par l'éther en solution diluée; chauffé avec de l'anhydride acétique, il fournit un *dérivé acétylé*, en aiguilles bronzées fusibles à 124°-125°, insolubles dans les acides. Il renferme un groupement éther-sel, car il est insoluble dans les alcalis dilués, mais la soude alcoolique tiède le saponifie facilement en donnant un *acide brun-jaune*. Si l'on traite la solution alcoolique-alcaline de ce dernier par la poudre de zinc, on la décolore complètement; mais la liqueur filtrée devient peu à peu rouge au contact de l'air et elle réduit instantanément l'oxyde jaune de mercure; elle renferme alors un *acide rouge*. Cette réaction est caractéristique d'un hydrazoïque, et elle implique l'existence d'une chaîne = Az — Az — dans le corps primitif. D'autre part, les chlorures d'acétyle et de benzoyle réagissent sur ce dernier en solution pyridique en donnant naissance à des *dérivés acidylés rouges;* le *dérivé benzoylé*, $C^{14}H^{10}Az^2O^3Cl.COC^6H^5$, cristallise en paillettes rouges fusibles à 166° et possède également un groupement azoïque réductible par la poudre de zinc en solution alcaline.

D'autre part, ni l'acide dibromo-3.5-anthranilique, ni l'éther dichloré-3.5 ne four-

nissent de produit analogue, tandis qu'on en obtient un avec l'anthranilate de méthyle. La réaction en question ne peut donc avoir lieu que si la position ortho, par rapport au groupement AzH^2, est libre.

Il résulte de ce qui précède que deux formules seulement rendent bien compte de la formation et des propriétés du composé $C^{15}H^{14}Az^2O^3Cl$. Ce sont :



Le dérivé acétylé brun serait substitué à l'azote, tandis que les dérivés acidylés rouges auraient la constitution

$$ClC^6H^2(CO^2CH^3)\begin{cases} Az = Az.C^6H^5 \\ O.COR \end{cases}$$

Je montrerai prochainement que l'étude de la réduction complète de ces corps confirme les formules précédentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des agents déshydratants sur quelques α-glycols.* Note de M. **M. Tiffeneau**, présentée par M. A. Haller.

I. Dans la première partie de cette Note, j'ai eu surtout en vue la préparation régulière des acétates vinyliques $RR'C = CHO(CO - CH^3)$. Ces acétates, et les alcools vinyliques correspondants, n'avaient été obtenus jusqu'ici, par M. Daufresne et moi [1], que par une réaction transpositrice assez complexe qui se produit au cours de l'action de l'acétate de potasse en solution alcoolique sur les dibromures allyliques. C'est ainsi qu'avec le dibromure d'estragol, nous avons pu obtenir l'alcool méthylanisylvinylique $OCH^3 - C^6H^4 - C(CH^3) = CHOH$. Les réactions qui conduisent à cet alcool peuvent s'interpréter par une élimination de HBr, analogue à celle de HI, démontrée depuis, par moi, au cours des transpositions phényliques des iodhydrines aromatiques [2].

Avec le dibromure d'estragol qui se transforme tout d'abord en acéto-

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 924.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. II, p. 1205.

bromhydrine, on aurait successivement :

$$OCH^3-C^6H^4-CH^2-CHBr-CH^2(OCOCH^3) \xrightarrow{-HBr} OCH^3-C^6H^4-CH^2-C(=CH^2(OCOCH^3))$$

$$CH^2=C\begin{cases}C^6H^4OCH^3\\CH^2(OCOCH^3)\end{cases} \xrightarrow[\text{isomérisation alcaline}]{\text{saponification et}} CH^3-C\begin{cases}C^6H^4-OCH^3\\CHOH\end{cases}$$

Cette réaction transpositrice, dont je n'avais fourni jusqu'ici aucune interprétation, est, on le voit, assez complexe ; aussi était-il intéressant de chercher à réaliser l'obtention des alcools vinyliques par des voies plus régulières.

L'action de l'anhydride acétique, qui a donné de si bons résultats à Semmler [1] avec les aldéhydes monosubstitués $R-CH^2CHO$ ne m'a conduit, avec les aldéhydes bisubstituées, qu'à des éthers diacétiques. J'ai obtenu, avec l'aldéhyde méthoxyhydratropique, le diacétate

$$CH^3O-C^6H^4-CH(CH^3)-CH(OCOCH^3)^2,$$

fusible à 47° (éb. 291°), et, avec l'aldéhyde méthylène-dioxyhydratropique, le diacétate $CH^2O^2-C^6H^3-CH(CH^3)-CH(OCOCH^3)^2$, fusible à 81° (éb. 308°). Mais en aucun cas je n'ai pu passer de ces diacétates aux acétates vinyliques correspondants, par perte d'une molécule d'acide acétique.

Je suis toutefois parvenu à préparer les mêmes acétates vinyliques en soumettant les α-glycols primaires tertiaires à l'action de l'anhydride acétique :

$$RR'COH-CH^2OH+(CH^3CO)^2O=RR'C=CH(OCOCH^3)+CH^3-CO^2H.$$

1. *Action de l'anhydride acétique sur le glycol du pseudo estragol*

$$OCH^3-C^6H^4-C(OH)(CH^3)-CH^2OH.$$

Ce glycol (méthoxyphénylpropanediol) a été préparé à partir de l'ω-chloracétophénone para-méthoxylée $OCH^3-C^6H^4-CO-CH^2Cl$; l'acétate de K transforme ce dernier en éther acétique fusible à 59°, qu'on saponifie ensuite au bain-marie en présence d'eau et de CO^3Ba; le méthoxybenzoylcarbinol ainsi obtenu,

$$OCH^3-C^6H^4-CO-CH^2OH,$$

fond à 104°; il se transforme en le glycol cherché (éb. 185°-187° sous 16^{mm}) par

(1) Semmler, *D. chem. Ges.*, t. XLII, 1909, p. 584, 1161, 2014.

action de 2^{mol} de $MgICH^3$. Ce glycol a été chauffé à feu nu pendant 12 heures avec un excès d'anhydride acétique; on obtient ainsi 40 pour 100 environ d'acétate de l'alcool méthylanisylvinylique bouillant à 167°-168° sous 16^{mm} et à 288°-289° à la pression ordinaire.

Cet acétate est facilement saponifié par chauffage au bain-marie avec de l'eau de baryte; l'alcool méthylanisylvinylique cristallise spontanément par refroidissement de la solution aqueuse; il fond à 79°.

2. *Action de l'anhydride acétique sur le diméthylglycol dissymétrique*

$$(CH^3)^2 = C(OH) - CH^2OH.$$

Ce glycol a été chauffé pendant 6 heures avec trois fois son poids d'anhydride acétique additionné d'acétate de soude sec; on obtient 90 pour 100 de diacétate bouillant à 190°-191° et 10 pour 100 seulement d'acétate vinylique bouillant à 120°-125°; cet acétate fixe le brome; il se transforme immédiatement par saponification, même à froid, en aldéhyde isobutylique.

3. *Action de l'anhydride acétique sur le diphénylglycol dissymétrique*

$$(C^6H^5)^2C(OH) - CH^2OH.$$

Dans cette réaction, on obtient tantôt le diacétate fusible à 144°, tantôt l'acétate vinylique fusible à 59°; ce dernier s'obtient également dans l'action de l'anhydride acétique sur l'aldéhyde diphénylacétique; mais il ne s'ensuit pas que cet aldéhyde soit, comme le pense Michael (1), un alcool vinylique; j'ai pu, en effet, le transformer presque quantitativement en acide correspondant par oxydation argentique; enfin son point d'ébullition correspond bien à l'aldéhyde diphénylacétique et non au vinylique.

Il ne m'a pas été possible d'isoler l'alcool vinylique par saponification de son acétate; il semble que la stabilité des alcools vinyliques $RR' = C = CHOH$ dépende non seulement, comme le pensait Bouveault (2), du caractère électronégatif des radicaux carbonés substituants, mais encore de leur dissymétrie.

II. Je me suis occupé de l'action des déshydratants sur les α-glycols bisecondaires et spécialement sur le glycol de l'anéthol. Balbiano (3) a prétendu que la déshydratation de ce glycol fournit l'aldéhyde méthoxyhydrocinnamique et non l'acétone anisique comme nous l'avions signalé, M. Daufresne et moi (4); mes nouveaux essais me permettent de confirmer complètement nos conclusions antérieures. La réaction doit donc s'écrire

$$OCH^3 - C^6H^4 - CHOH - CHOH - CH^3 \xrightarrow{-H^2O} OCH^3 - C^6H^4 - CH^2 - CO - CH^3.$$

---

(1) Michael, *Liebigs Annalen*, 1908.

(2) Bouveault, *Bul. Soc. chim.*, 4e série, t. V, p. 396.

(3) Balbiano, *R. d. R. Ac. Lincei*, 5e série, t. XVI (I), p. 477.

(4) Tiffeneau et Daufresne, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1354.

30g de glycol de l'anéthol fusible à 61° et préparé suivant la méthode de Balbiano sont chauffés avec 150cm³ d'acide sulfurique à 20 pour 100. On obtient ainsi 22g d'un produit bouillant à 142° sous 15mm, entièrement combinable au bisulfite de soude et constitué uniquement par l'acétone anisique. Cette acétone ne colore pas le réactif de Schiff et ne réduit pas l'azotate d'argent ammoniacal.

M. Balbiano ayant basé son opinion sur la seule réaction d'Angeli Rimini, il faut conclure que ce réactif ne saurait avoir aucune valeur pour la diagnose des aldéhydes. Il n'est qu'une méthode vraiment rigoureuse pour caractériser les aldéhydes, c'est la transformation de ceux-ci en acides correspondants; l'oxydation argentique effectuée dans les conditions indiquées par Delépine (¹) constitue le réactif de choix. L'azotate d'argent ammoniacal est sans doute un réactif plus rapide; mais, quand il donne des résultats positifs, il faut toujours ultérieurement isoler l'acide, car ce réactif pourrait oxyder aussi les alcools acétones. Quant au bisulfite de soude et au réactif de Schiff, il faut être très réservé dans les conclusions qu'on peut tirer de leur emploi; j'ai en effet constaté que les aldéhydes trisubstituées telles que $C^6H^5-C(CH^3)^2-CHO$ et $(C^6H^5)^2C(CH^3)-CHO$ ne réagissent avec aucun de ces deux réactifs; enfin parmi les acétones méthylées $R-CO-CH^3$, il n'est pas que celles du type $C^6H^5-CO-CH^3$ qui ne se combinent pas au bisulfite; j'ai signalé, en effet, pareille inaptitude avec les cétones $C^6H^5-CH(R)-CO-CH^3$, bien que les cétones voisines phénylacétone $C^6H^5-CH^2-CO-CH^3$ et anisylacétone

$$OCH^3.C^6H^4.CH^2.CO.CH^3$$

donnent très facilement des combinaisons bisulfitiques cristallisables.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de formation de la gomme adragante.* Note de M. L. **Lutz**, présentée par M. Guignard.

Depuis le travail classique de Hugo von Mohl, publié en 1857 (²), il est resté admis que la gomme adragante prend exclusivement naissance à la suite d'une gélification des cellules de la moelle et des rayons médullaires. Mais

(¹) Delepine, *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 39.

(²) Hugo von Mohl, *Untersuchungen über die Entstehungsweise des Traganthgummi* (*Bot. Zeit.*, t. XV, 1857, p. 33).

les observations de cet auteur n'ont porté que sur les tiges des Astragales et j'ai pu, en étudiant à nouveau des plantes de la section *Tragacanthoides*, provenant du Sud-Tunisien, m'assurer que, dans la racine, les phénomènes sont plus complexes que dans la tige.

Les échantillons, fixés aussitôt après la récolte dans l'alcool à 60°, ont été traités par l'hématoxyline en solution hydro-alcoolique-glycérinée, ou par le rouge de Cassella et vert acide JEEE (Poirrier); j'ai également utilisé comme réactifs le chloro-iodure de zinc ou le bleu de méthylène en solution faible hydro-alcoolique.

L'observation des premiers stades de la gommose dans la racine est rendue assez difficile parce qu'ils se manifestent avec une grande irrégularité et sur des racines d'âge très variable et que, d'autre part, les réactifs susceptibles d'être employés sont communs aux gommes et aux matières pectiques, de telle sorte qu'il est malaisé, tant qu'un gonflement des membranes ne s'est pas produit, de dire si la coloration est due à l'une ou l'autre série de ces composés. Il y a donc matière à interprétation quant à la région précise où débute la gommose, mais cette incertitude est fort minime et de courte durée.

Les premières manifestations du phénomène doivent se chercher dans le liber ; elles consistent dans un gonflement des parois affectant toute leur épaisseur, absolument comme cela a lieu dans les Acacias gommifères. On ne peut d'ailleurs préciser la partie du liber où la transformation commence que par une série de comparaisons des coupes avec d'autres, provenant de tissus un peu plus âgés et dans lesquels le gonflement est devenu perceptible. De cette manière, on constate une certaine irrégularité dans la position des premières zones atteintes. Tantôt, et c'est le cas le plus fréquent, ce sont les portions les plus éloignées du cambium qui se gonflent les premières, tantôt ce sont des parties plus rapprochées de ce cambium, et il semble même quelquefois que ce soit par le cambium que débute la gélification.

Les choses restent très peu de temps en cet état. Le gonflement des membranes s'accentue avec rapidité, envahissant le liber, tantôt en entier, tantôt en partie seulement. Les cavités cellulaires deviennent de plus en plus réduites et irrégulières, puis ne tardent pas à disparaître, faisant place à une masse de mucilage.

La gomme s'insinue ensuite entre les fibres qui protègent extérieurement le faisceau, par gélification progressive de la couche mitoyenne de leur membrane.

Cette transformation du liber en mucilage entraîne d'ordinaire des modifications importantes dans le mode d'accroissement des faisceaux. Quelquefois le cambium n'est pas atteint par la gommose ; il continue alors à fonctionner en produisant par son feuillet externe du liber qui se gélifie bientôt, mais c'est le cas de beaucoup le plus rare. D'ordinaire les plages de tissu désorganisé ne s'arrêtent qu'au bois ; le liber s'accroît alors dans ses portions les plus externes par simple différenciation cellulaire ; les nouveaux éléments ainsi formés n'ont d'ailleurs qu'une durée éphémère et participent ensuite à l'augmentation de volume des lacunes.

Les formations qui viennent d'être décrites sont seules à se produire pendant un temps assez long et les rayons médullaires n'entrent en ligne que beaucoup plus tard. Les premières traces de gommose apparaissent alors çà et là dans la région interligneuse de ces rayons. Le plus souvent, elles suivent le processus indiqué par H. von Mohl : gonflement des membranes avec apparition de couches concentriques qui refoulent le contenu cellulaire et finissent par l'englober. Mais, parfois, au lieu que la gélification ne frappe d'abord que les couches d'épaississement et n'atteigne que plus tard la paroi primitive, la membrane peut se gonfler en masse comme elle l'a fait dans le liber. Le résultat final est d'ailleurs le même dans les deux cas : constitution d'une lacune qui s'agrandit peu à peu aux dépens des cellules voisines et tend à occuper toute l'étendue des rayons médullaires. Lorsqu'elle a atteint le centre, elle y rencontre la plupart du temps une ou plusieurs autres lacunes provenant d'autres rayons; il se produit entre elles une fusion qui a pour effet de refouler latéralement les faisceaux voisins, occasionnant une véritable dislocation des tissus.

Le phénomène s'étend à d'autres rayons; souvent certaines cellules du parenchyme ligneux deviennent gommifères à leur tour, de telle sorte qu'il se constitue, au centre de la racine, une cavité de volume croissant qui pourrait faire croire à l'existence primitive d'une moelle, si l'on ne s'était assuré du contraire en étudiant la racine jeune.

Les lacunes s'accroissent également du côté de l'écorce; elles s'y évasent largement sous forme de masses translucides, visibles à l'œil nu et de forme sphérique ou ovoïde. A cet état, le moindre traumatisme occasionne l'exsudation de la gomme.

Dans la tige, les phénomènes se passent comme l'a indiqué H. von Mohl; la moelle et les rayons médullaires sont seuls le siège des formations gommeuses et il n'y a rien à modifier aux données établies par cet auteur. Enfin, aucun des échantillons que j'ai recueillis ne contenait de gomme dans les tissus de la feuille, non plus que dans les rachis de ces feuilles transformés en épines après la chute des folioles.

BOTANIQUE. — *Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Parmi les nombreux auteurs qui se sont occupés de la formation des pigments rouges appartenant au groupe des anthocyanes, plusieurs ont fait

intervenir l'action des oxydases pour expliquer cette formation; il faut citer parmi eux, Buscalioni et Pollacci, Mirande, Wheldale, Laborde, Grafe et Palladin [1], adoptant cette opinion, a précisé les conditions dans lesquelles doit s'effectuer l'oxydation.

Molliard [2] a constaté, en faisant développer des Radis au sein de solutions nutritives de compositions diverses, que les parties des plantes qui se trouvaient à peu de distance de la surface du liquide se coloraient en rouge tandis que les régions qui étaient plongées dans la solution, à une grande distance de la surface, ne se pigmentaient pas. Les conditions d'éclairement, d'humidité et de température étant identiques sur toute la longueur de chacune des plantes mises en expérience, Molliard en a conclu que l'absence de pigment rouge dans les parties des Radis éloignées de la surface des solutions était due à la rareté de l'oxygène dans ces régions profondes. Ces résultats constituaient donc une première confirmation de l'hypothèse formulée par les auteurs précédemment cités.

J'ai [3] fait observer de mon côté que l'étude des variations qui surviennent, au cours du rougissement des plantes, dans l'intensité et la nature des échanges gazeux, fournirait d'utiles indications sur le phénomène de la formation des composés anthocyaniques. Ce sont les résultats de recherches effectuées dans ce sens que je vais exposer ici.

J'ai étudié les échanges gazeux qui ont lieu pendant le jour et pendant la nuit entre la plante et l'atmosphère extérieure :

1° Comparativement chez des feuilles vertes et chez des feuilles dont les tissus étaient en voie de rougissement;

2° Comparativement chez des feuilles vertes et chez des feuilles dont les tissus primitivement très rouges étaient en train de perdre leur anthocyane.

Cette étude a porté sur différentes espèces chez lesquelles l'anthocyane se formait ou disparaissait sous l'influence de conditions extérieures diverses. Les espèces étudiées et les cas de rougissement considérés sont indiqués dans le Tableau ci-après.

---

(1) W. Palladin, *Ueber die Bildung der Atmungschromogene in den Pflanzen* (*Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft*, H. 6, 1908, p. 389).

(2) M. Molliard, *Production expérimentale de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir de graines de Radis rose* (*Comptes rendus*, 1909, p. 573).

(3) R. Combes, *Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane* (*Annales des Sciences naturelles*, 9e série, t. IX, 1909, p. 275-303).

Les feuilles qui devaient être comparées entre elles étaient récoltées sur les mêmes individus et les expériences étaient effectuées dans des conditions identiques d'éclairement, d'état hygrométrique et de température. La technique employée dans ces recherches et les résultats obtenus seront exposés en détail d'autre part, je ne m'occuperai ici que des variations constatées dans la quantité d'oxygène fixé ou perdu par les feuilles suivant qu'elles sont dépourvues d'anthocyane, qu'elles sont en voie de rougissement, ou qu'elles perdent le pigment rouge qui les colorait.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau ci-dessous :

Formation et disparition de l'anthocyane, sous des influences extérieures diverses, dans des feuilles de plantes appartenant à différentes espèces.	O fixé ou perdu par heure et par centimètre carré de surface.	
	Pendant le jour.	Pendant la nuit.
Formation d'anthocyane sous l'influence de l'éclairement.		
Ampelopsis hederacea : feuilles vertes.....	O perdu 0,0020	O perdu 0,0025
Ampelopsis hederacea : feuilles rouges.....	O fixé 0,00022	O perdu 0,00128
Formation d'anthocyane consécutive à l'attaque de parasites.		
Rumex crispus : feuilles vertes.....	O perdu 0,0056	O fixé 0,0011
Rumex crispus : feuilles rouges	O perdu 0,0014	O fixé 0,0022
Œnothera Lamarckiana : feuilles vertes....	O fixé 0,00148	O fixé 0,00002
Œnothera Lamarckiana : feuilles rouges...	O fixé 0,00192	O fixé 0,00016
Formation d'anthocyane sous l'influence d'une décortication de la tige.		
Spiræa prunifolia : feuilles vertes.....	O perdu 0,0039	O perdu 0,0003
Spiræa prunifolia : feuilles rouges.....	O fixé 0,00180	O fixé 0,00084
Mahonia aquifolium : feuilles vertes	O perdu 0,0006	O perdu 0,0019
Mahonia aquifolium : feuilles rouges.....	O fixé 0,0020	O perdu 0,0004
Rougissement automnal.		
Rubus fruticosus : feuilles vertes.....	O perdu 0,00324	O fixé 0,00244
Rubus fruticosus : feuilles rouges	O fixé 0,00204	O fixé 0,00084
Disparition de l'anthocyane chez les feuilles jeunes.		
Ailantus glandulosa : feuilles vertes.....	O perdu 0,00970	O ni perdu ni fixé
Ailantus glandulosa : feuilles rouges	O perdu 0,01212	O perdu 0,00279

On voit donc que la formation de l'anthocyane dans les feuilles est toujours accompagnée de l'augmentation des phénomènes d'oxydation dans ces organes, quelle que soit la cause qui ait provoqué le rougissement et

quelle que soit l'espèce végétale à laquelle on s'adresse. Dans certains cas, les feuilles rouges perdent moins d'oxygène que les feuilles vertes; dans d'autres, les feuilles rouges fixent plus d'oxygène que les feuilles vertes; enfin le plus souvent les feuilles rouges fixent de l'oxygène tandis que les feuilles vertes en perdent.

La disparition de l'anthocyane est accompagnée d'une perte d'oxygène plus grande que celle qui se produit dans les conditions normales.

Ces résultats permettent donc de considérer comme très vraisemblable l'hypothèse formulée par Buscalioni et Pollacci, Mirande, Wheldale, Laborde, Grafe et Palladin; ils confirment les conclusions tirées par Molliard de ses recherches expérimentales. *Quand les pigments anthocyaniques se forment, de l'oxygène est retenu par les organes en voie de rougissement; il y a donc à ce moment augmentation de l'activité des phénomènes d'oxydation dans ces organes. Quand les pigments anthocyaniques disparaissent, les organes dans lesquels cette disparition se produit perdent de l'oxygène.*

Les variations subies par les échanges gazeux pendant la formation des pigments rouges portent surtout sur la fonction chlorophyllienne; il semble donc que la production de ces pigments soit intimement liée au phénomène d'assimilation chlorophyllienne.

L'état actuel de nos connaissances sur la formation des pigments anthocyaniques permet d'admettre que la cause déterminante de ce phénomène est l'accumulation, dans les cellules, de composés hydrocarbonés solubles, cette accumulation pouvant être provoquée par des causes très diverses [1]. Les présentes recherches, ainsi que les expériences de Molliard, montrent d'autre part que l'oxygène est indispensable à la constitution de l'anthocyane.

L'apport actif des hydrates de carbone est donc accompagné de l'accélération des phénomènes d'oxydation. Peut-être les glucosides existant déjà dans les cellules avant le rougissement subissent-ils une oxydation et se transforment-ils en anthocyane. Toutefois, on peut affirmer que des composés glucosidiques se forment en grande quantité pendant le rougissement, ces substances, prenant naissance dans un milieu plus oxydant que le milieu normal, diffèrent de celles qui se forment dans les conditions ordinaires, par leur état d'oxydation plus avancé; ce sont elles qui constituent les pigments anthocyaniques.

---

[1] R. Combes, *Recherches biochimiques sur le développement de l'anthocyane chez les végétaux* (*Comptes rendus*, 22 mars 1909).

BOTANIQUE. — *Sur les mycorhizes endotrophes de quelques arbres fruitiers.* Note de M. **Vital Boulet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans la famille des Rosacées, j'ai constamment rencontré des mycorhizes endotrophes chez les arbres suivants : Amandier, Abricotier, Pêcher, Cerisier, Prunellier, Prunier, Cognassier, Poirier, Pommier, Sorbier, provenant du Pays toulousain, du Périgord, de l'Auvergne. Je n'ai pas connaissance que, dans ce groupe, elles aient fait l'objet d'une description.

Les radicelles abondamment infestées sont fréquemment déformées, contournées, claviformes, à surface mamelonnée; les radicelles normales, lisses et régulières sont plus rarement atteintes. Les unes et les autres ont des poils absorbants.

La manière d'être de l'endophyte est assez constante. Le mycélium traverse l'assise pilifère, pénètre dans les cellules corticales, s'y ramifie parfois, forme une ou deux anses dans les cellules longues et des tortils serrés dans les cellules isodiamétriques et ne dépasse guère en profondeur les trois quarts de l'écorce. Dans cette zone de pénétration les dimensions moyennes du filament sont de 6^{μ} à 7^{μ}. Au début de l'infection l'endophyte est ainsi réduit à quelques hyphes abondamment contournées dans les cellules, et, dans cette phase de sa vie, sans aucun suçoir ni appareil absorbant différencié; il semble bien qu'il se nourrisse du contenu des cellules qui l'hébergent; les réserves amylacées de ces cellules ont en effet disparu et les fragments du mycélium externe à la racine sont généralement vides. Cette partie du corps de l'endophyte paraît avoir une organisation définitive, et il est peu probable que les formations qui s'y adjoindront dans les cellules plus profondes aient une influence sur elle.

Dans les assises plus internes de l'écorce, une partie des hyphes continue à se développer dans les cellules, une autre partie s'insinue dans les méats, remplissant leur cavité, s'y moulant si elle n'est pas trop grande, s'y divisant en branches serrées si elle est plus spacieuse. Ce mycélium contient souvent des matières de réserve et présente, surtout dans les assises profondes, de fréquentes altérations de forme et de structure (aspect variqueux, membrane partiellement dissoute, protoplasma et inclusions extravasés dans les cellules, etc.), comme si au voisinage de l'endoderme, qui n'est

jamais franchi, l'endophyte trouvait encore une nourriture abondante, mais aussi des conditions défavorables à son développement normal. Chez le Sorbier, l'endophyte, intracellulaire, pénètre dans toutes les cellules de l'écorce jusqu'à l'endoderme, s'y ramifie, s'y contourne en pelotons tellement serrés, que la cavité cellulaire en est souvent remplie. J'y ai observé, en outre, un second mycélium plus fin que le premier (3^{μ}) rampant dans les cellules superficielles et pénétrant jusqu'au fond des poils absorbants.

Certains filaments donnent des vésicules abondantes; les unes sont intercellulaires, souvent volumineuses ($100^{\mu} \times 54^{\mu}$), de forme variable, groupées parfois en plages serrées, sans localisation précise, remplies de réserves ou à moitié vides, ou même réduites à leur membrane chiffonnée; d'autres (Sorbier) sont intracellulaires, généralement plus petites ($57^{\mu} \times 36^{\mu}$), plus régulières, remplissant parfois la cellule et se moulant dans sa cavité.

Les hyphes intercellulaires envoient dans les cellules un rameau volumineux assez court qui ne tarde pas à produire, par une dichotomie plus ou moins régulière, un buisson d'aspect coralloïde, rappelant les arbuscules décrits par Gallaud. Ces branches, terminées parfois par une extrémité arrondie, réfringente, portent le plus souvent de petites masses ovoïdes granuleuses finement pédonculées. Ces *sporangioles* sont si nombreux qu'ils remplissent quelquefois la cellule. Ils se désorganisent rapidement. Tantôt l'appareil tout entier subit une dégénérescence analogue à celle qui atteint le mycélium : la membrane est dissoute, il n'en reste plus que quelques granules qui, demeurés en place, figurent encore la division dichotomique de l'arbuscule (Cerisier). Le plus souvent les ramifications, après qu'une cloison les a isolées du reste du mycélium, se flétrissent, se rident, deviennent filiformes. Quant au sporangiole proprement dit, ou bien il se réduit en une masse granuleuse, puis floconneuse, et enfin en granules épars; ou bien, le plus souvent, il se concrète en une masse solide et la dégénérescence paraît s'arrêter là. Ces productions n'ont pas de localisation précise : toutes les assises intérieures à la zone de pénétration en sont plus ou moins envahies; mais elles sont surtout abondantes dans les cellules les plus voisines de l'endoderme.

L'endophyte paraît se comporter comme un parasite. Les effets de ce parasitisme sont généralement bénins parce que les organes essentiels de la racine ne sont pas atteints et que la plante, dans des conditions normales, lutte victorieusement contre l'infection. Mais il est à présumer que l'endophyte peut devenir redoutable si, par suite de conditions défavorables à sa vie, la plante faiblit dans sa résistance. J'ai observé fréquemment des radicelles mortes dont les cellules partiellement désorganisées étaient remplies

par l'endophyte. Les différences individuelles parfois si marquées que l'on observe dans la production des arbres fruitiers, les phénomènes de dépérissement souvent inexpliqués qu'ils présentent quelquefois pourraient être déterminés par une vie parasitaire de l'endophyte. Des expériences que j'ai entreprises contribueront peut être à résoudre cette question.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation de quelques moisissures dans l'huile.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Lorsqu'on laisse tomber au fond d'un flacon plein d'huile un corps organique humide quelconque, au bout de quelques jours on voit se former sur celui-ci un tapis mycélien composé de diverses espèces de moisissures, dont la plus importante, de beaucoup, est le *Penicillium glaucum*. Celui-ci, comme M. van Tieghem l'a montré, présente la curieuse propriété de se couvrir, dans l'huile même, d'appareils sporifères dont l'ensemble forme une couche verte bien manifeste, fait remarquable, lorsqu'on le compare à la végétation toujours stérile que présente le *Penicillium* quand il vit immergé dans de l'eau.

Ces observations ont été faites dans des milieux naturels, non stérilisés. On peut se demander si elles seraient les mêmes : 1° en milieux stérilisés; 2° avec différentes espèces de moisissures.

Pour le savoir, j'ai fait de nombreuses cultures de la façon suivante : *a*. on prépare des tubes de carottes stérilisées à l'autoclave; *b*. on ensemence avec une espèce déterminée de champignons; *c*. on recouvre aseptiquement la carotte d'huile prélevée dans un autre tube préalablement stérilisé.

J'ai expérimenté avec de l'huile d'olive et avec les espèces suivantes : *Sporodinia grandis*, *Thamnidium elegans*, *Sterigmatocystis nigra*, *Cephalothecium roseum*, *Absidia cœrulea*, *Cunninghamella africana*, *Penicillium glaucum*, *Phycomyces nitens*, *Mucor Mucedo*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus nigricans*.

Des observations faites sur les cultures, j'ai tiré les conclusions suivantes :

1° Toutes les moisissures énumérées ci-dessus végètent sur la carotte tout en étant immergées dans l'huile.

2° Le mycélium reste toujours court, c'est-à-dire ne dépasse pas une épaisseur de $0^{cm},5$, alors que certains d'entre eux, comme par exemple le *Phycomyces nitens*, peuvent atteindre dans l'air une longueur de près de 40^{cm}.

3° L'huile demeure limpide et il n'y a pas formation d'acide gras ainsi qu'on l'observe en culture non stérilisée; ce qui, dans ce cas, est vraisemblablement produit, non par les champignons, mais par des bactéries. La moisissure se nourrit manifestement aux dépens de la carotte et non de l'huile où elle baigne. D'ailleurs, les spores ensemencées directement dans l'huile n'y germent pas (1). La seule modification que l'huile présente est d'être, à la longue, parfois décolorée partiellement (*Sporodinia*, *Thamnidium*, *Sterigmatocystis*) ou presque totalement (*Rhizopus*).

4° Le mycélium immergé, vu au microscope, présente à peu près la même apparence que le mycélium aérien; il est cependant parfois en partie variqueux (*Sterigmatocystis*, *Botrytis*).

5° Le mycélium, dans la majorité des cas, demeure stérile, même après une culture de plusieurs mois (*Mucor*, *Botrytis*, *Sterigmatocystis*, *Thamnidium*, *Cephalothecium*, *Absidia*, *Phycomyces*).

6° Parfois le mycélium présente des appareils sporifères extrêmement rares (*Rhizopus*) et alors généralement déformé (*Sporodinia*).

7° Chez certaines espèces, le mycélium présente des appareils fructifères abondants; tel est le cas du *Penicillium* et du *Cunninghamella*. Dans ce dernier cas, les têtes sporifères sont plus simples, moins fournies que dans l'air.

8° Les espèces qui, dans l'air, donnent des œufs (*Sporodinia*, *Mucor*, *Rhizopus*) ou des sclérotes (*Botrytis*) ne donnent rien d'analogue dans l'huile, ce qu'elles font d'ailleurs aussi quand elles vivent immergées dans l'eau.

En résumé, la végétation de la plupart des moisissures dans l'huile se rapproche beaucoup plus de la végétation dans l'eau que dans l'air.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Développement de l'énergie de la voix.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

L'énergie de la voix étant donnée par le produit VH du volume V d'air, qui s'échappe des poumons sous une pression H, il s'agit, pour un chanteur ou un orateur, d'augmenter ces deux quantités.

Dans une Note présentée à l'Académie, le 11 novembre 1907, j'ai montré comment on pouvait augmenter V au moyen de trois exercices respiratoires, et dans une seconde Note du 15 juin 1908, j'ai indiqué les résultats obtenus sur les 180 élèves de l'école primaire de la rue Cambon.

---

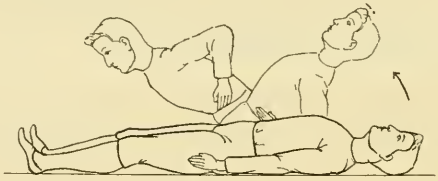
(1) Il est cependant à noter que, lorsqu'on recouvre d'huile stérilisée une culture de *Phycomyces nitens* ayant déjà des sporanges, les spores germent dans ceux-ci en en perçant la paroi tout autour. Mais, dans ce cas, les spores empruntent la nourriture au mycélium lui-même.

Aujourd'hui, je vais m'occuper du moyen d'augmenter la pression de l'air, H, qui s'échappe des poumons pendant la phonation ([1]).

Deux causes peuvent intervenir pour faire baisser H : la faiblesse des muscles expirateurs, la faiblesse des muscles adducteurs des cordes vocales.

1. *Muscles expirateurs.* — Les muscles expirateurs qui, pendant la phonation, ont le plus d'importance sont les muscles de la paroi abdominale : les deux droits, les grands et les petits obliques. Chez les sujets à vie sédentaire et dont la quantité de nourriture est supérieure à la ration d'entretien, ces muscles cessent de se contracter suffisamment; il en résulte de l'entéroptose et le gros ventre des hommes de 50 ans.

Pour rendre à ces muscles leur ancienne vigueur, il suffit de les faire fonctionner de la façon suivante : on se couche sur un plan horizontal et l'on relève le tronc, les jambes et les cuisses étant immobiles, sans s'aider avec les membres antérieurs, cet exercice doit être répété dix fois de suite chaque jour, loin des repas.



Si ce mouvement est impossible par suite de la faiblesse des muscles de la paroi abdominale, il faut au début mettre sur les pieds un certain poids dont on diminue peu à peu la valeur : l'entéroptose et le gros ventre disparaissent en quelques semaines.

2. *Muscles adducteurs des cordes vocales.* — Lorsque les cordes vocales ne se rejoignent pas sur la ligne médiane, une partie de l'air s'échappe sans entrer en vibration; c'est ce que les artistes appellent *chanter sur le souffle :* il y a une fuite dans le tuyau. Il faut donc développer les muscles adducteurs des cordes vocales.

Dans les notes aiguës le larynx remonte, tous les muscles adducteurs se contractent, la glotte devient aussi étroite et aussi courte que possible; il faut donc faire faire au chanteur des exercices sur les notes aiguës; de plus, comme pendant l'émission des voyelles É et I, les cordes vocales sont bien

---

([1]) *Travail développé pendant la phonation* (*Comptes rendus*, 27 mai 1907).

plus tendues que pendant l'émission de OU, O, A, ces exercices doivent être faits sur les voyelles É et I.

La note chevrote, lorsque les vibrations n'ont pas partout la même amplitude. Pour faire disparaître ce défaut, on doit habituer les muscles à conserver leur contraction pendant un certain temps; les notes doivent donc être soutenues, de plus l'expérience apprend que le chevrotement disparaît plus vite lorsque dans les exercices on va dans des notes aiguës aux notes graves.

Conclusion. — Pour augmenter l'énergie de la voix, VH, après avoir augmenté V par des exercices respiratoires, il faut augmenter H en fortifiant les muscles de la paroi abdominale et en forçant les cordes vocales à se joindre sur la ligne médiane au moyen d'exercices sur les voyelles É et I.

HISTOLOGIE. — *La division longitudinale des chromosomes dans les spermatogonies de* Sabellaria spinulosa *Leuck.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Après le tassement polaire consécutif à l'anaphase, les huit anses, primitivement en contact, commencent à se dégager. Elles se détendent, et, en se séparant, elles provoquent la formation d'anastomoses latérales, déliées, entre toutes leurs branches qui présentent alors un aspect irrégulier épineux. Bientôt les anses redeviennent indépendantes les unes des autres, mais incomplètement. Pendant la durée du tassement il s'est formé, dans le champ polaire, deux volumineux chromoplastes dont chacun embrasse et agglutine en un seul magma fortement chromatique les pointes de 4 V chromosomiques. En sorte qu'on a affaire à deux groupes d'égale valeur, et chez lesquels on est tenté de trouver l'expression objective de la gonomérie nucléaire.

Déjà, à l'issue même du tassement polaire, peut-être même avant, les chromosomes sont le siège de transformations curieuses. Ils subissent une sorte d'alvéolisation interne qui se traduit tout d'abord par l'apparition de cavités creusées à l'intérieur de leur substance; puis, par une réunion progressive de ces cavités les unes aux autres, ce qui détermine en fin de compte la création d'une large fente axiale irrégulière, sur toute la longueur. Pour Grégoire et ses élèves, l'alvéolisation interne explique simplement la transformation du chromosome en un réseau, et celle de l'ensemble des chromosomes en « un réseau de réseaux ». Ils ont ainsi prouvé la persistance

des chromosomes à travers l'état quiescent. Mes observations démontrent que ces manifestations intrachromosomiques ont une signification plus importante : elles sont, en réalité, le prélude de *la véritable division longitudinale*.

Les anses, dès lors, subissent un allongement considérable. Dans le champ polaire, elles sont fixées aux chromoplastes qui persisteront à travers toutes ces modifications; dans le champ antipolaire, leurs extrémités sont libres. Le noyau, à ce stade, a repris sa forme sphérique, et les branches des anses dont la position est superficielle descendent de l'un à l'autre pôle à la manière de méridiens irréguliers. Elles sont toutes reliées les unes aux autres par un système de minces anastomoses qui constituent une sorte de réseau primaire. Assez longtemps, les bandes doubles possèdent un calibre uniforme, mais elles continuent de s'allonger en se contournant; et, en s'étirant, elles se transforment chacune en un double filament moniliforme, grêle et irrégulier, mais dont les pleins et les déliés se correspondent assez exactement de l'un à l'autre filament. A ce stade, le parallélisme entre eux est encore continu, puis il subit des altérations : les deux filaments tendent à s'écarter; le trajet de l'un ne reproduit plus aussi fidèlement les irrégularités de l'autre; il y a des écarts et des rapprochements brusques, parfois ils paraissent entrelacés. Cependant, un autre mouvement de la substance chromosomique s'indique peu à peu : dans chaque filament, les pleins s'accroissent aux dépens des déliés, en sorte que ceux-ci deviennent de très minces tractus, tandis que les premiers se transforment en de véritables blocs de substance chromosomique.

Dans les préparations trop décolorées, et dans le cas de certains noyaux, les tractus sont si fins et si peu chromatiques qu'ils semblent avoir complètement disparu. Le filament chromosomique n'est alors représenté que par des blocs avides de colorant, disposés sans ordre apparent, et à l'aide desquels il devient difficile de reconstituer la réalité. En effet, les minces tractus qui correspondent aux déliés finissent par devenir aussi grêles que les anastomoses latérales qui relient les filaments chromosomiques entre eux. De plus, les moitiés de chaque chromosome, obtenues comme je viens de l'exposer, continuent à s'écarter; elles chevauchent les unes sur les autres et s'enfoncent librement dans le suc nucléaire où le système des anastomoses se développe et se multiplie. Mais même dans ces conditions, elles circulent à une certaine distance les unes des autres et ne se confondent pas. Au cours des transformations, il est toujours possible d'observer leur individualité; elles ne cessent jamais d'apparaître dans le réseau nucléaire sous la forme de lignes principales plus épaisses et plus colorées. Du reste, dans le champ polaire, elles conservent la régularité des anciennes bandes chromosomiques, et, comme ces dernières dont elles proviennent par simple division longitudinale, elles se rattachent aux chromoplastes.

Le noyau atteint alors l'état quiescent des auteurs. En réalité, la substance des chromosomes est loin de s'y reposer; c'est là, au contraire, qu'elle est le plus agissante, car c'est pendant cette durée que les moitiés longitudinales individualisées vont subir leur accroissement et se transformer en chromosomes prophasiques.

Pour sortir de l'état quiescent, le processus est très simple :

Les filaments grêles, qui ne sont autres que les moitiés longitudinales des huit anses anaphasiques, se reconcentrent progressivement. Ils redeviennent régulièrement moniliformes, puis ils ne tardent pas à s'épaissir, en unifiant leur calibre. Ainsi le noyau contient bientôt seize longues anses, sinueuses et à allure spirémateuse. Dans ce mouvement de reconcentration et de raccourcissement, les deux moitiés longitudinales sœurs se rapprochent l'une de l'autre, quelquefois jusqu'à l'accolement; mais, en général, leur parallélisme demeure assez libre. Elles sont prêtes à entrer dans la constitution de la couronne équatoriale, à la métaphase, où elles seront dissociées définitivement.

En ce qui concerne la numération des chromosomes, pendant et après l'état quiescent, et l'identification des moitiés longitudinales moniliformes avec les anses définitives de la mitose suivante, j'ai été aidé considérablement par la présence des deux chromoplastes polaires. Ils persistent pendant toute la durée des phénomènes décrits plus haut, et à l'endroit même de leur formation. Ils ne disparaissent que fort peu de temps avant la fonte de la membrane nucléaire, lorsque les chromosomes acquièrent leur forme d'anses condensées par un dernier raccourcissement. Chacun de ces chromoplastes est une sorte d'aster chromatique qui double le nombre de ses rayons au début de la reconstitution du noyau. Ainsi je compte huit branches, soit quatre anses, à chaque chromoplaste lorsque celles-ci se dégagent du tassement polaire; et seize branches, soit huit anses, lors de la période de reconcentration.

En résumé, la division longitudinale des chromosomes est extrêmement précoce ; elle se réalise au moment même de la reconstitution du noyau-fille aux dépens des chromosomes de l'anaphase ; elle est intimement liée au fait de l'entrée du chromosome au réseau. Tout noyau au repos a ses chromosomes nettement individualisées, et il en contient deux fois plus qu'il n'en est entré dans sa constitution. La division longitudinale ne s'opère donc pas au cours de la prophase, encore moins pendant la métaphase. Elle est un phénomène proprement télophasique. Tout noyau télophasique, dans les spermatogonie de *Sabellaria spinulosa* Leuck., est déjà en mitose.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur le régime thermique de la Méditerranée littorale algérienne.* Note de M. **J.-P. Bouxhiol**, présentée par M. A. Dastre.

Les recherches biologiques comportent la connaissance préalable des constantes physiques du milieu. Dans mes recherches sur la reproduction de

la sardine et des autres poissons économiques de l'Algérie, j'ai été amené à déterminer les caractéristiques principales du régime thermique de leur milieu, c'est-à-dire de la mer côtière algérienne.

La documentation et les mesures portent sur un peu plus de cinq années. Elles ont été obtenues par l'emploi de deux catégories d'instruments : d'une part, les thermomètres à renversement du type Chabaud-Thurneyssen; d'autre part, les thermomètres enregistreurs de la maison J. Richard, pour lesquels j'ai imaginé et fait construire une enveloppe protectrice qui les a transformés en thermomètres sous-marins, d'un emploi commode et pratique.

J'ai ainsi obtenu les résultats suivants :

I. D'une manière générale, la mer littorale algérienne présente un régime thermique d'une assez grande uniformité. En ses divers points, les variations cycliques de la température s'accomplissent avec une régularité à peu près exclusive de l'existence de courants permanents.

La différence de latitude existant entre ses points extrêmes introduit peu de variété dans son régime thermique. Des moyennes plus élevées et aussi plus précocement élevées chaque année attestent cependant, en faveur de la région occidentale, l'existense d'un régime moyen un peu plus chaud.

La proximité ou l'éloignement de l'Atlantique paraissent intervenir beaucoup plus efficacement. Dans l'Est, le régime général est plus continental, moins « maritime » que dans l'Ouest, avec des écarts nettement plus considérables entre les maxima et les minima.

II. A la distance de 1^{km} du rivage, hors des baies, la température des couches marines superficielles, comprises entre 0^{m} et 10^{m} de profondeur, n'est jamais inférieure à $11^{\circ},2$, ni supérieure à $27^{\circ},5$. L'écart total ne dépasse pas $14^{\circ},1$ pour Oran, $14^{\circ},9$ pour Alger, $16^{\circ},3$ pour Bône. La moyenne des écarts annuels, calculée sur cinq années, est de 13° pour Oran, $12^{\circ},9$ pour Alger, $13^{\circ},9$ pour Bône.

Les maxima mensuels moyens s'écartent peu des minima correspondants pendant les mois de décembre, janvier, février et pendant les mois de juin, juillet et août. La chute principale des maxima mensuels se fait partout d'octobre à novembre et sa valeur oscille entre $3^{\circ},5$ et $5^{\circ},1$. L'ascension principale des minima mensuels se fait, avec la même régularité de mai à juin. Sa valeur numérique est comprise entre 3° et $5^{\circ},3$. Cependant pour la région de l'Est, la plus grande ascension des minima se trouve en retard d'un mois et se fait de juin à juillet; elle est alors de $4^{\circ},3$.

III. La variation diurne est représentée par l'écart existant entre les maxima mensuels moyens et les minima correspondants. L'amplitude de la variation diurne de la température à la surface de la mer change suivant les saisons; elle oscille autour de $2^{\circ},6$ en hiver, de décembre à février; elle atteint $3^{\circ},7$ en septembre, souvent davantage en octobre. Si l'on s'enfonce, l'amplitude de la variation diurne va s'affaiblissant assez rapidement, mais avec une vitesse inégale suivant les saisons. En novembre, décembre, janvier, février, il n'y a plus guère trace de variation diurne, passés 25^{m} à 30^{m}

de profondeur. De mai à septembre, au contraire, la variation diurne se manifeste assez profondément, jusqu'à 60^m environ, même quand son amplitude initiale est relativement faible.

IV. La variation annuelle a été calculée en faisant la différence entre les maxima moyens du mois qui, chaque année, se révèle le plus chaud et les minima moyens du mois qui, chaque année, se trouve le plus froid. L'amplitude de cette variation atteint à la surface 10° pour Oran, 10° pour Alger, 13° pour Bône. Si l'on descend, elle tombe entre 35^m et 40^m, à 5°,6 pour Oran, 5°,8 pour Alger, 5°,4 pour Bône. Plus bas, vers 60^m, elle a encore peu baissé sauf à Bône où elle n'atteint plus que 4°,2. Mais à 100^m de profondeur elle tombe à 0°,6 et s'éteint complètement bien avant 200^m où W. Thompson et Carpenter avaient déjà observé une température constante de 13°.

V. La distribution des températures, de la surface vers la profondeur, se fait d'une manière très différente aux diverses époques de l'année. Si l'on considère les maxima et les minima moyens annuels relatifs à chaque horizon, on constate que la série verticale de ces maxima, à l'époque la plus chaude de l'année, présente un affaiblissement progressif et tend vers 13°, limite qu'elle atteint entre 100^m et 200^m. Mais à l'époque la plus froide de l'année, la série verticale des minima n'offre point une marche analogue. En partant de la surface, la série commence par manifester un accroissement qui se continue jusqu'à un certain horizon, différent pour chaque période; après quoi la série va s'affaiblissant plus ou moins rapidement et converge finalement aussi vers cette même limite de 13° où elle rejoint la série précédente et à partir de laquelle, par conséquent, la température reste constante.

La variation de la température moyenne en fonction de la profondeur est déterminée, aux différentes époques, par les positions correspondantes et la valeur des maxima et des minima des diverses couches liquides superposées. Malgré l'instabilité de la répartition verticale des températures, on peut dire, d'une manière générale, qu'en décembre-janvier-février, les couches comprises entre 30^m et 60^m ont des températures différant de 0°,3 à 0°,6, au bénéfice des couches inférieures. En mars, le refroidissement superficiel gagne la profondeur, descend jusqu'à 80^m et 100^m, tandis que la température des couches supérieures, de nouveau chauffées par le Soleil, s'élève peu à peu. En avril, le phénomène s'accentue et la température en marche ascensionnelle des couches superficielles a une tendance à s'uniformiser au chiffre de 17° avec la température descendante des couches profondes. A ce moment, la température de 17° se trouve réalisée pour toute la masse d'eau comprise entre 10^m et 60^m de profondeur.

Un semblable équilibre, assez fugace, se réalise en septembre-octobre dans les mêmes couches liquides, mais cette fois au chiffre de 22°,5 en moyenne, quand, les couches profondes étant déjà pénétrées par la chaleur des mois précédents, les couches superficielles commencent à se refroidir. Ces deux chiffres 17° et 22°,5 sont tout à fait remarquables et caractéristiques.

La connaissance du régime thermique de la mer littorale algérienne nous permettra d'établir très prochainement les grandes lignes de la biologie reproductrice de la sardine algérienne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Bacilles de Koch. Milieux aux glycérophosphates. Doses maxima de fer et de manganèse.* Note [1] de M. G. **Baudran**, présentée par M. d'Arsonval.

Il nous a paru intéressant de connaître, par le dosage, le bilan des phosphates minéraux et organiques qui entrent dans la composition du bouillon ordinaire de cultures et dans celle de la tuberculine, son extrait.

Un litre de bouillon renferme en moyenne $2^g,97$ à 3^g de phosphates minéraux (potasse, soude, magnésie, chaux). Les composés organiques, $7^g,50$ à 8^g, sont additionnés de 10^g de peptones [2]. L'acide phosphorique apporté par ces deux éléments est de $2^g,45$ à $2^g,60$, presque en quantité égale à celle des phosphates minéraux. Lorsque la culture est terminée, les dosages sont les suivants pour 100^{cm3} de tuberculine :

Phosphates minéraux, $0^g,60$; phosphates organiques, $4^g,90$; soit une perte de $2^g,40$ en phosphates minéraux.

Les corps organiques phosphorés ont augmenté d'autant. Le microbe les a utilisés pour son développement. Comme il renferme de grandes quantités de lécithines, il y a lieu de supposer que le phosphore est le pivot de la transformation. La glycérine s'oxyde et se transforme en acide glycérophosphorique, noyau de cette lécithine.

Ainsi se trouve justifiée l'idée de Nocard et Roux (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. I, 1887, p. 17) qui conseillèrent d'ajouter, aux liquides de cultures du bacille de Koch, de la glycérine.

Dès lors, il convenait de faire un milieu où n'entreraient que des glycérophosphates afin d'éviter au microbe les transformations ultérieures. Nous avons observé qu'un seul glycérophosphate, celui de soude, était insuffisant et donnait des cultures peu abondantes.

L'analyse des cendres du bacille tuberculeux faite par Schweinitz et Dorset (*Centralblatt für Bact.*, 1898) conduit aux résultats suivants :

Soude 13, potasse 6, chaux 12, magnésie 11, qui, calculés d'après les poids moléculaires, donnent :

	g
Glycérophosphate de soude	2,24
» de potasse	0,60
» de chaux	1,20
» de magnésie	1,76

[1] Présentée dans la séance du 2 mai 1910.

[2] L'analyse des peptones nous a toujours donné du manganèse.

Dans ces conditions la solution est instable; le citrate de soude permet aux sels de rester dissous. La formule est la suivante :

		g
Glycérophosphate de soude		2,24
»	de potasse	0,60
»	de chaux	1,20
»	de magnésie	1,76
Albumoses Byla		10
Glycérine		50
Citrate de soude		4
Eau		1000

Stériliser à 100°.

On remarquera que nous avons maintenu la glycérine, mais des expériences affirmatives nous ont prouvé qu'on pouvait la supprimer. Dans ce cas, il y a lieu de porter la quantité de glycérophosphate de soude à 10^g et de doubler celle de citrate de soude.

Notre milieu a donné entre les mains de M. le professeur Vallée et les nôtres des résultats excellents. Le bacille s'y développe fort bien et les cultures sont abondantes. M. Vallée, ayant ensemencé ce liquide avec du bacille homogène d'Arloing, a constaté ceci : le départ se fait plus rapidement; après un temps d'arrêt, la vitalité reprend et se trouve finalement exaltée.

Au point de vue de la précipito-réaction, M. Vallée a constaté que les liquides de cultures ainsi obtenus précipitaient environ moitié moins que les bouillons ordinaires. Il y a donc une modification dans les qualités sécrétrices du microbe.

Le microscope n'y révèle aucun changement appréciable et l'expérimentation conduit à des résultats identiques à ceux obtenus avec les bacilles poussés sur les anciens milieux.

Fer et manganèse. — Nous avons tenu à ajouter à ces liquides, conséquence de notre communication du 15 novembre 1909, du fer et du manganèse, et voir jusqu'à quelle limite ces deux métaux pouvaient être supportés. En graduant notre teneur en sels précédents, nous sommes arrivés aux maxima de $3^g,10$ pour le fer et 3^g pour le manganèse (glycéroph.).

Remarquons que ces doses correspondent à la quantité de fer contenue dans 1^l de sang, sous forme d'hémoglobine.

Les cobayes peuvent recevoir, sans inconvénient, 1^{cg} de ces cultures, émulsionnées, dans le péritoine, sans en être nullement incommodés. Ils conservent leur poids et n'ont aucun signe (ganglions, adénite, etc.).

Les séries que nous avons faites nous donnent, dès aujourd'hui, les résul-

tats suivants : sur 80, 40 indemnes, 40 témoins morts tuberculeux. Nous poursuivons actuellement l'expérience sur de jeunes veaux. Elle semble se présenter favorablement.

Sur ce même milieu fer nous avons ensemencé le bacille homogène. Voici ce que M. le professeur Vallée a observé. Le départ est plus tardif, mais ensuite le rendement est plus abondant que sur notre milieu normal. Mêmes modifications morphologiques qu'autrefois, aussi bien que de coloration. Les jeunes bacilles prennent difficilement le Ziehl et renferment à l'analyse peu de cholestérine. Ils ne sont point virulents pour le cobaye.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La caséification du lait cru par les présures du lait bouilli.* Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. Guignard.

Il est bien établi actuellement qu'un grand nombre de diastases protéolytiques coagulent très facilement le lait bouilli et n'agissent sur le lait cru qu'avec la plus grande difficulté (Crucifères, Papayacées, Figuiers, etc.) (¹). On n'obtient, en effet, avec ce dernier liquide, que des coagulations ne mettant pas plus de 2 ou 3 minutes à se manifester; avec le premier, au contraire, on observe facilement des caséifications exigeant des temps très longs (1 heure et davantage).

La lactoglobuline et la lactalbumine existent dans le lait cru et ont disparu par coagulation dans le lait bouilli.

1° *Il existe une relation très étroite et, semble-t-il, de cause à effet entre la présence de ces deux protéines et la résistance du lait à la caséification.*

En chauffant du lait cru à des températures comprises entre 67° et 81°, la proportion de ces deux colloïdes diminue. Entre 67° et 77°, la lactoglobuline coagule progressivement; au-dessus de 77°, c'est la lactalbumine qui disparaît.

Prenons des laits ainsi chauffés et emprésurons-les, à la température de 55°, avec une dose déterminée de *Vasconcellea quercifolia* Saint-Hil. ou de papayotine (Merck) choisie de telle façon qu'elle ne détermine pas la caséification du lait cru normal.

Dans le cas des laits préalablement chauffés à 67°-77°, nous constatons une diminution de la résistance à la caséification. Cette diminution n'atteint jamais celle du lait bouilli; elle est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. C'est ainsi que, dans les expériences relevées dans le Tableau I, il a fallu 15 minutes de chauffe à 72° pour que le lait devienne sensible, et cette sensibilité est cinq fois plus

(¹) C. Gerber, *Les présures végétales* (*Revue scientifique*, 12 février 1910).

faible qu'après 60 minutes de chauffe; au contraire, il a suffi d'un séjour de 5 minutes à 76°-77° pour faire acquérir au lait toute la sensibilité dont il est capable à cette température.

Dès que la température de chauffe s'élève à la limite inférieure de coagulation de la lactalbumine (77°-78°), on voit la résistance du lait à la caséification décroître graduellement et atteindre, en un temps d'autant plus court que la température est plus élevée, le degré de sensibilité du lait bouilli. Dans nos expériences, il a fallu, pour obtenir la sensibilisation maxima du lait, 15 minutes à 81° et seulement 5 minutes à 100°.

Tableau I.

Durée de la chauffe préalable du lait (en minutes).	Minutes nécessaires à la coagulation, à 55°, de 5cm³ de lait cru préalablement chauffé pendant des temps croissants aux températures suivantes, et emprésuré avec une quantité déterminée de présures suivantes : 72°.	75°.	77°.	81°.	100°.
Vasconcellea quercifolia Saint-Hilaire.					
0	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
5	(1)	12	6,15	4,15	3,30
15	24	5,30	5,15	3,30	3,30
30	6	5	5	3,30	3,40
60	5	5	4,45	3,30	4
Papayotine Merck.					
0	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
5	(1)	(1)	8,45	6,15	5,45
15	45	8,30	7,15	5,45	6
30	10	8	7	5,45	6,45
60	8	8	7	5,45	8,15

La présure des Crucifères (2) et celle des Figuiers (3) se comportent, comme les précédentes; la loi est donc générale pour toutes les présures du lait bouilli.

2° *La lactoglobuline et la lactalbumine ne sont pas, à proprement parler, des antipresures.*

---

(1) Pas de coagulation au bout de 24 heures.

(2) C. Gerber, *La présure des Crucifères* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, 29 juin 1907, p. 1224).

(3) C. Gerber, *Les actions antiprésurantes du lait cru vis-à-vis de quelques présures végétales* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, 29 juin 1907, p. 1228).

Emprésurons du lait cru avec une dose de diastase de Vasconcelle ou de papayotine incapable de déterminer sa coagulation ; après avoir laissé le mélange 1 heure à 55°, emprésurons du lait bouilli : d'une part avec des doses croissantes de ce mélange, d'autre part avec les doses correspondantes de diastase pure. Nous obtiendrons, dans l'un et l'autre cas (Tableau II), des coagulations ; celles-ci exigent des temps sensiblement égaux à équivalence de doses.

Il est donc bien évident qu'il n'y a pas eu destruction de la diastase pendant le temps où celle-ci, mélangée au lait cru, paraissait inactive.

3° *Reste à envisager l'hypothèse d'une action directe de la lactalbumine et de la lactoglobuline sur la caséine, protégeant celle-ci contre une attaque des présures du lait bouilli.* L'étude de certains sels dont l'action sur la caséification du lait est identique à celle des substances albuminoïdes dont nous venons de nous occuper, nous a permis de donner la théorie de ces phénomènes.

Tableau II.

Doses de solution présurante.	Minutes nécessaires à la coagulation, à 55°, de 5cm³ de lait cru emprésuré avec des doses décroissantes des présures suivantes : *Vasconcellea quercifolia* Saint-Hilaire.	Papayotine Merck.
0cm³,27	2,45	12
0cm³,09	(1)	(1)

Doses du mélange *lait cru-présure* 0cm³,09.	Minutes nécessaires à la coagulation, à 55°, de 5cm³ de lait bouilli emprésuré soit avec des doses décroissantes du mélange *lait cru-présure* 0cm³,09, mélange préalablement maintenu 1 heure à 55° (α), soit avec des doses correspondantes de présure pure (β). *Vasconcellea quercifolia.* α.	*Vasconcellea quercifolia.* β.	Papayotine Merck. α.	Papayotine Merck. β.
cm³ 0,96	41	38	13,30	14
0,48	74	75	21	25
0,24	(1)	(1)	37	46
0,12	(1)	(1)	74	90

(1) Pas de coagulation au bout de 10 heures.

M. **Gaston Sencier** à propos de la publication, dans les *Mémoires de l'Académie*, du projet de dirigeable du général Meusnier, qui comportait un paratonnerre, rappelle les accidents causés par la foudre, dans ces derniers temps, à des ballons et il demande à l'Académie s'il ne serait pas utile de discuter les moyens à employer pour préserver de la foudre les aérostats.

(Renvoi à la Commission des Paratonnerres.)

M. **Émile Serrant** adresse une Note concernant *certains corps explosifs*.

(Renvoi à l'examen de MM. Vieille et Le Chatelier.)

M. **Maurice Gandillot** adresse une *Contribution à l'étude des tuyaux sonores étroits*.

(Renvoi à l'examen de M. Violle.)

A 4 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 mai 1910.

Savants et Écrivains, par H. Poincaré. Paris, Ernest Flammarion, s. d.; 1 vol. in-12. (Hommage de l'auteur.)

Mathematical and physical papers: Tome IV : *Hydrodynamics and general dynamics*, by the Right Honourable Sir William Thomson, Baron Kelvin; arranged and revised with brief annotations by Sir Joseph Larmor. Cambridge, University Press, 1910; 1 vol. in-8°. (Hommage de Lady Kelvin et de l'éditeur.)

Les Mathématiques en Portugal, par M. Rodolphe Grimarães; 2e édition. Coïmbre, Imprimerie de l'Université, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

La marina libera e il premio di traffico, per G. Roncagli. (Extr. de *Nuova Antologia*, 16 novembre 1909.) Rome, 1 fasc. in-8°. (Présenté, ainsi que l'Opuscule suivant du même auteur, par M. Bertin.)

Il premio di traffico, per G. Roncagli. (Extr. de la *Rivista maritima*, décembre 1909.) Rome, 1909; 1 fasc. in-8°.

Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires, par M. J. Lewkowitsch, traduit par M. Émile Bontoux; t. I-III. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906-1910; 3 vol. in-8°. (Présenté par M. A. Haller.)

Les sècheries agricoles. Étude économique et technique de la dessiccation des produits agricoles, par D. Sidersky; avec 14 figures dans le texte. Paris, Lucien Laveur, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Müntz.)

Au Concile russe : Les Unistaves, 1906; Lettre ouverte du comte A. Orlowski. Lyon, A. Rey, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

The star list of the American Ephemeris for the year 1910. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Proceedings of the United States national Museum; t. XXXVI. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 MAI 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

On nous annonce officiellement la mort de notre illustre correspondant, *Stanislas Cannizzaro*, ancien vice-président du Sénat italien.

M. Cannizzaro était le chimiste le plus connu de l'Italie. Il avait publié ses premières recherches à Paris. Élève de Piria, lui-même formé dans le laboratoire de J.-B. Dumas, Cannizaro s'était fait un nom dès ses débuts. Dans son *Cours de Philosophie chimique*, professé à l'Université de Gênes en 1858, s'appuyant sur les densités de vapeur, les chaleurs spécifiques, l'isomorphisme, etc., Cannizzaro prépara le triomphe définitif des idées, aujourd'hui classiques, d'Avogadro et d'Ampère sur l'égalité du nombre des particules par volumes gazeux, sur la proportionnalité des poids moléculaires aux densités de vapeurs, enfin sur la nécessité de doubler la plupart des poids atomiques d'alors. Il fut du petit nombre des savants de cette époque qui, avec Wurtz, Kékulé, Wislicenus, etc., contribuèrent à faire accepter les théories de J.-B. Dumas, puis de Laurent et Gerhardt, théories qui ont imprimé un si large essor aux progrès de la Chimie moderne. Sa belle découverte des alcools benzylique, toluique, anisique (1853) et de leurs dérivés fit connaître une nouvelle classe d'alcools, alors bien imprévus, les *alcools aromatiques*. Au laboratoire de Chevreul, avec son ami S. Cloez, il obtenait la cyanamide et ses isomères. Plus tard il se fit remarquer par un travail très délicat sur la santonine et ses nombreux dérivés.

S. Cannizzaro fut le promoteur de la renaissance de la Chimie italienne : à son école se sont formés Paternò, F. Sestini, Bertagnini, Oddo, Piutti-Fabris et tant d'autres chimistes qui honorent leur pays.

Il avait dépassé le grand âge de 80 ans, mais il conservait dans sa vieillesse toute son activité et sa verdeur et continuait à diriger l'*Institut chimique de l'Université royale* de Rome, Institut qu'il avait créé et où il faisait encore allègrement son cours public il y a quelques mois.

Il est mort sans souffrance à la suite d'une assez courte maladie.

Je pense que l'Académie voudra bien s'associer avec moi au deuil de sa famille, de sa patrie et de la Science chimique. (*Assentiment unanime.*)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'emploi de nouvelles méthodes de récurrence dans la théorie des systèmes orthogonaux.* Note de M. **Gaston Darboux.**

Dans notre Communication du 9 mai dernier, nous avons considéré une classe nouvelle de systèmes orthogonaux, et nous avons indiqué des applications particulières des systèmes de formules fondamentaux auxquels nous avons été conduits. Aujourd'hui, nous nous proposons de faire connaître deux nouvelles méthodes de récurrence qui permettent de rattacher, à toute solution du problème envisagé, une suite, en général illimitée, de solutions nouvelles.

Nous avons vu qu'à tout système de valeurs des rotations β_{ik} satisfaisant aux équations (A), (B), (B'), correspondent deux séries de systèmes triples orthogonaux, la première définie par les formules (C), (D), (F), (G), (I), (J), la seconde par les formules analogues (C'), ..., (J'). Supposons, par exemple, que l'on connaisse un système orthogonal (S) de la première série, caractérisé par les valeurs H_i et P_i. Comme les équations auxquelles satisfont les H_i de l'une des séries sont les mêmes que celles auxquelles satisfont les P_i de l'autre, on voit qu'on pourra déduire du système (S) deux systèmes (S') de la seconde série, en prenant

$$\text{soit } P'_i = H_i, \qquad \text{soit } H'_i = P_i.$$

Commençons par étudier la première hypothèse

$$P'_i = H_i. \tag{1}$$

Le système (S') de la seconde série sera alors défini sans quadrature par les équations

$$X'_i x' + Y'_i y' + Z'_i z' = H_i \tag{2}$$

qui donnent

$$(3)\qquad x' = \Sigma X'_i H_i, \qquad y' = \Sigma Y'_i H_i, \qquad z' = \Sigma Z'_i H_i.$$

Envisageons maintenant l'autre hypothèse

$$(4)\qquad H_i = P_i.$$

Alors les formules (J') de notre précédente Communication donnent

$$(5)\qquad x' = \int \Sigma P_i X'_i \, d\rho_i, \qquad y' = \int \Sigma P_i Y'_i \, d\rho_i, \qquad z' = \int \Sigma P_i Z'_i \, d\rho_i,$$

de sorte qu'il y aura, cette fois, trois quadratures à effectuer pour obtenir le nouveau système (S').

En tenant compte des expressions des P_i et des formules (5) de notre première Communication, on pourra écrire

$$(6)\qquad \left\{ \begin{aligned} x' &= \int (x\, d\Theta_{00} + y\, d\Theta_{10} + z\, d\Theta_{20}), \\ y' &= \int (x\, d\Theta_{01} + y\, d\Theta_{11} + z\, d\Theta_{21}), \\ z' &= \int (x\, d\Theta_{02} + y\, d\Theta_{12} + z\, d\Theta_{22}); \end{aligned} \right.$$

de sorte que, si l'on pose

$$(7)\qquad \Omega_i = \int (\Theta_{0i}\, dx + \Theta_{1i}\, dy + \Theta_{2i}\, dz)$$

et si l'on suppose les Ω_i exprimées en fonction de x, y, z, on aura

$$(8)\qquad \left\{ \begin{aligned} x' &= x \frac{\partial \Omega_0}{\partial x} + y \frac{\partial \Omega_0}{\partial y} + z \frac{\partial \Omega_0}{\partial z} - \Omega_0, \\ y' &= y \frac{\partial \Omega_1}{\partial x} + y \frac{\partial \Omega_1}{\partial y} + z \frac{\partial \Omega_1}{\partial z} - \Omega_1, \\ z' &= z \frac{\partial \Omega_2}{\partial x} + y \frac{\partial \Omega_2}{\partial y} + z \frac{\partial \Omega_2}{\partial z} - \Omega_2. \end{aligned} \right.$$

De la double remarque précédente il résulte qu'on peut toujours, par des calculs algébriques ou des quadratures, déduire du système (S), supposé connu, une suite linéaire de systèmes nouveaux

$$(9)\qquad (S_{-3}),\quad (S_{-2}),\quad (S_{-1}),\quad (S),\quad (S_1),\quad (S_2),\quad (S_3),\quad \ldots$$

les systèmes d'indices pairs appartenant à la première série, ceux d'indice impair à la seconde, tous ces systèmes étant rattachés les uns aux autres par

les formules

$$(10)\quad x^{(2k+1)} = \Sigma X_i H_i^{(2k)}, \qquad y^{(2k+1)} = \Sigma Y_i H_i^{(2k)}, \qquad z^{(2k+1)} = \Sigma Z_i' H_i^{(2k)};$$

$$(11)\quad x^{(2k)} = \Sigma X_i H_i^{(2k-1)}, \qquad y^{(2k)} = \Sigma Y_i H_i^{(2k-1)}, \qquad z^{(2k)} = \Sigma Z_i H_i^{(2k-1)};$$

où $x^{(h)}$, $y^{(h)}$, $z^{(h)}$ désignent les coordonnées du point qui décrit le système (S_h). Si, au lieu de descendre la suite (9), on veut la remonter, on aura

$$(12)\quad \begin{cases} x^{(2k-1)} = \int (x^{(2k)}\, d\Theta_{00} + y^{(2k)}\, d\Theta_{10} + z^{(2k)}\, d\Theta_{20}), \\ y^{(2k-1)} = \int (x^{(2k)}\, d\Theta_{01} + y^{(2k)}\, d\Theta_{11} + z^{(2k)}\, d\Theta_{21}), \\ z^{(2k-1)} = \int (x^{(2k)}\, d\Theta_{02} + y^{(2k)}\, d\Theta_{12} + z^{(2k)}\, d\Theta_{22}); \end{cases}$$

$$(13)\quad \begin{cases} x^{(2k)} = \int (x^{(2k-1)}\, d\Theta_{00} + y^{(2k-1)}\, d\Theta_{01} + z^{(2k-1)}\, d\Theta_{02}), \\ y^{(2k)} = \int (x^{(2k-1)}\, d\Theta_{10} + y^{(2k-1)}\, d\Theta_{11} + z^{(2k-1)}\, d\Theta_{12}), \\ z^{(2k)} = \int (x^{(2k-1)}\, d\Theta_{20} + y^{(2k-1)}\, d\Theta_{21} + z^{(2k-1)}\, d\Theta_{22}), \end{cases}$$

qui devront être appliquées successivement.

En général, si H_i^k, P_i^k désignent les valeurs des H_i et des P_i pour le système de rang k, on aura

$$(14)\qquad P_i^{(k)} = H_i^{(k-1)}$$

et par suite

$$(15)\qquad P_i^{(2k+1)} = H_i^{(2k)} = \frac{\partial P_i^{(2k)}}{\partial \rho_i} + \beta_{ki} P_k^{(2k)} + \beta_{li} P_l^{(2k)},$$

$$(16)\qquad P_i^{(2k)} = H_i^{(2k-1)} = \frac{\partial P_i^{(2k-1)}}{\partial \rho_i} + \beta_{ik} P_k^{(2k-1)} + \beta_{il} P_l^{(2k-1)}.$$

Telle est la première méthode de récurrence, qui fait dériver d'une solution du problème une suite de solutions nouvelles.

Cette suite, il est vrai, n'est pas toujours illimitée. Si, par exemple, on prend pour le système (S) celui que nous avons déterminé précédemment et qui correspond aux valeurs

$$H_i = aX_i + bY_i + cZ_i',$$

le système (S_1) se réduit à un point, et tous les systèmes d'indice positif disparaissent. Il ne reste que les systèmes d'indice négatif, obtenus par des quadratures.

Au lieu de chercher si la suite (9) se termine, nous allons examiner si elle peut être périodique. Le cas le plus simple, auquel d'ailleurs se ramènent tous les autres, est celui où tous les systèmes de même indice seraient identiques, ou du moins homothétiques. Les formules (14) et (16) nous donnent

$$P_i^{(2)} = \frac{\partial H_i}{\partial \rho_i} + \beta_{ik} H_k + \beta_{il} H_l. \tag{17}$$

Si nous supposons que l'on ait

$$P_i^2 = \alpha P_i, \tag{18}$$

α étant une constante, le système (S_2) sera homothétique au système (S), et la suite (9) deviendra périodique. On retrouve ainsi les systèmes triples caractérisés par la relation

$$H_i^2 + H_k^2 + H_l^2 = \alpha(x^2 + y^2 + z^2) + \beta \tag{19}$$

et déjà étudiés dans notre première Communication. Pour le système (S_1) de la seconde série qui leur est adjoint, on a

$$P_i^{(1)} = H_i, \tag{20}$$

et par conséquent la formule (19) nous donnera la relation suivante:

$$x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 = \alpha(x^2 + y^2 + z^2) + \beta \tag{21}$$

entre les coordonnées des points qui se correspondent dans les deux systèmes.

Le cas particulier où la constante β est nulle dans la relation (19) va nous fournir la seconde des méthodes de récurrence que nous voulions signaler. On a alors

$$H_i^2 + H_k^2 + H_l^2 = \alpha(x^2 + y^2 + z^2). \tag{22}$$

Soumettons l'un des deux systèmes, (S) par exemple, à une inversion dont le pôle sera l'origine des coordonnées. Il faudra alors remplacer partout

$$H_i, \quad H_k, \quad H_l, \quad x^2 + y^2 + z^2$$

par

$$\frac{H_i}{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \frac{H_k}{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \frac{H_l}{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \frac{1}{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Remarquons que cette substitution ne change pas la forme de la relation (22); elle transforme donc le système (S) en un système de même

nature et pour lequel, par conséquent, les β_{ik} satisfont aux relations (A), (B), (B').

Mais cette nouvelle méthode, à la différence de la première, change les valeurs des rotations β_{ik}. Car si l'on désigne par la notation $\overline{\beta}_{ik}$ les nouvelles valeurs des β_{ik}, on obtiendra aisément la formule

$$\overline{\beta}_{kl} = \beta_{ik} - 2\frac{P_l H_k}{x^2 + y^2 + z^2}. \tag{23}$$

Si l'on supposait $\alpha = 0$, on retrouverait une méthode de récurrence déjà signalée par M. Guichard.

Il ne nous reste plus, pour terminer, qu'à présenter la remarque suivante :

Si, dans les équations (A), (B), on suppose

$$\beta_{ik} = \beta_{ki}, \tag{24}$$

les équations (B') sont vérifiées d'elles-mêmes, et l'on retrouve des systèmes orthogonaux que j'ai signalés dès 1866 et qui, depuis, ont été l'objet des recherches d'un très grand nombre de géomètres. Les méthodes de récurrence que j'ai développées ici pour le cas général s'appliquent à ce cas particulier, et elles deviennent précisément celles que M. Egorov a signalées dans différentes Communications adressées en 1900 et 1901 à l'Académie.

Les résultats précédents peuvent donc être considérés comme une extension et une généralisation de ceux qui concernent les systèmes triples, si souvent étudiés, pour lesquels les trois relations (24) se trouvent vérifiées.

M. **Bigourdan** présente, de la part de M. Iñignez, des *photographies de la comète de Halley*, obtenues à l'Observatoire de Madrid, au moyen de deux lunettes différentes.

La première de ces lunettes, dont l'objectif a $0^m,20$ d'ouverture et 2^m de distance focale, a donné les détails du noyau et de la chevelure environnante; l'objectif de la seconde est un doublet de $0^m,15$ d'ouverture auquel on a demandé surtout la représentation de la queue, du moins de la partie la plus brillante; car sa longueur totale excédait la grandeur de la chambre noire; elle atteignait environ 30° le 10 mai 1910.

Le spectre de la comète a été étudié aussi, tant visuellement que par la photographie; les 7 et 8 mai le noyau donnait un spectre continu sur lequel se projetaient les bandes 2, 3 et 4 des hydrocarbures, dans le jaune, le vert

et le bleu, celle du vert étant visuellement la plus intense. Le matin du 12 mai on a entrevu dans le violet une nouvelle bande très faible; et en même temps le noyau se fondait davantage avec la chevelure. L'éclat global de la comète surpassait alors celui des étoiles de première grandeur, et elle était encore visible à l'œil nu 17 minutes à peine avant le lever du Soleil.

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution minéralogique des phosphorites françaises.* Note [1] de M. A. Lacroix.

Les phosphorites concrétionnées que l'on rencontre dans des cavités des calcaires du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne et Aveyron), du Gard, de l'Hérault, de l'Aude, de l'Algérie, ont parfois une structure cristalline; aussi tous les auteurs qui les ont décrites, les ont-ils considérées comme constituant une variété fibreuse d'apatite; la même opinion a été formulée au sujet des sphérolites biréfringents, qui se rencontrent parfois au milieu des phosphates sédimentaires, généralement amorphes du nord de la France et de l'Afrique. M. Ad. Carnot a montré cependant que dans les phosphorites, le rapport du fluor à l'acide phosphorique est toujours très différent de celui qu'exige l'apatite et que, souvent même, la teneur en fluor devient presque nulle.

Je me suis proposé de rechercher quelle est la constitution minéralogique de ces produits minéraux, en m'attachant à l'étude d'échantillons, dont la pureté a été soigneusement vérifiée par l'examen microscopique.

Les phosphorites des gisements précités sont le résultat de dépôts successifs, effectués par voie aqueuse sur une paroi calcaire, ou bien produits à la façon des stalagmites ou, enfin, concrétionnés sous forme de rognons au milieu d'argiles. Les couches concentriques ont des couleurs et souvent des aspects différents, tantôt rappelant l'apparence de la porcelaine, tantôt, au contraire, translucides ou même plus rarement transparentes sur quelques millimètres d'épaisseur; ces variétés particulièrement pures ressemblent à de la gomme. Parfois une structure fibreuse est distincte à l'œil nu; dans d'autres cas, la cassure est uniforme, sans apparence de cristallinité; ces différences d'aspect extérieur n'impliquent pas toujours d'ailleurs une différence de structure intime.

L'étude en lumière polarisée fait voir que toutes les phosphorites des

---

[1] Présentée dans la séance du 9 mai 1910.

gisements considérés oscillent entre trois types. Le premier est holocristallin et toujours fibreux; le second est homogène, incolore ou jaune en lames minces, entièrement isotrope; le dernier enfin, paraissant parfois tout d'abord entièrement cristallisé, contient en réalité toujours de la matière isotrope, mélangée à un produit cristallisé; elle est souvent en outre concentrée dans des couches distinctes, alternant avec les précédentes; mais dans tous les cas, l'union de ces deux corps est si intime, qu'il n'est pas possible de les séparer entièrement par l'emploi des liqueurs denses.

L'indice de réfraction d'un échantillon isotrope brun, translucide, particulièrement pur, provenant de Pouzillac (Gard), est de 1,569 (Na) et sa densité de 2,82.

L'élément cristallisé constituant le premier type ne présente qu'assez rarement des fibres régulières, perpendiculaires à la surface extérieure de la concrétion, le plus souvent, elles sont entrelacées ou palmées. Je réserve pour une Note ultérieure l'étude de ce type qui présente des particularités remarquables.

Dans le troisième type, les couches successives des concrétions sont des rubans cristallins ou résultent de la réunion de pinceaux coniques, dont l'axe est plus ou moins perpendiculaire à la surface de dépôt. L'allongement des fibres est de signe négatif, la biréfringence ne dépasse pas 0,004. Les sections perpendiculaires aux fibres se montrent sensiblement uniaxes (mais avec croix souvent disloquée) et optiquement négatives. Les valeurs de l'indice moyen et de la densité varient avec la teneur plus ou moins grande en produits isotropes; un échantillon, très translucide, provenant de Mouillac (Tarn-et-Garonne), et qui est un des plus cristallins que j'aie rencontré, possède une densité de 2,87, avec un indice moyen de 1,608.

Quelle que soit leur structure, cristallisée ou non, ces divers types de phosphorites se comportent de la même façon, quand on les place dans une goutte d'acide chlorhydrique; ils sont immédiatement attaqués et se dissolvent rapidement à froid, en faisant effervescence; tous renferment donc de l'acide carbonique et il est facile de voir, en outre, qu'ils contiennent une proportion plus ou moins élevée d'eau.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Pisani sur le type trois de Mouillac (*a*) et sur le produit isotrope de Pouzillac (*b*) :

	a.	*b*.
CaO	51,85	49,73
P^2O^5	37,60	37,40
F	1,50	0,88
CO^2	4,00	3,75
H^2O	4,80	7,05
Al^2O^3	»	0,14
Fe^2O^3	»	0,36
$Na^2O + K^2O$	»	0,30
	99,75	99,61

Ces résultats montrent que le minéral cristallisé a une composition fort voisine de celle du produit amorphe, dont il diffère surtout par une moindre teneur en eau et une proportion plus élevée en fluor; il n'est donc pas constitué par de l'apatite normale, mais doit être, lui aussi, un composé contenant un phosphate et un carbonate de calcium.

On connaît actuellement deux types bien définis de semblables substances : l'un, dépourvu de fluor, la *dahllite* $[Ca^6(PO^4)^4, CaCO^3, \frac{1}{2}H^2O]$; l'autre, fluoré, la *francolite* $[(PO^4)^6Ca^8(CaF)^2, CaCO^3, H^2O]$, dont la *staffélite* n'est qu'une variété fibreuse. Ces minéraux ont des propriétés optiques extrêmement voisines; ils sont optiquement négatifs, souvent uniaxes tout au moins par suite de groupements (¹), $ng - np = 0,004$ à $0,005$ environ; il n'est pas possible de les distinguer l'un de l'autre à l'aide de leurs indices de réfraction, car la structure fibreuse ne permet pas de mesures précises (l'indice médian des deux est voisin de 1,625); leur densité varie de 3,05 (dahllite) à 3,12 (francolite) (²). Il ne me paraît pas douteux que ce ne soit, suivant les cas, l'un ou l'autre de ces minéraux qui constitue l'élément cristallisé des phosphorites et l'on peut comparer leur intime association avec le produit isotrope à celle des fibres de quartzine ou de calcédonite avec l'opale pour constituer la calcédoine; la comparaison peut être poursuivie dans les détails de la structure microscopique.

Cette assimilation est basée sur l'étude d'échantillons provenant du Gard (La Capelle en particulier), dans lesquels ces produits à structure calcédonieuse passent à des types à fibres dissociables, non accompagnées de produit isotrope et identiques à des échantillons constamment holocristallins trouvés près de Saint-Girons (Ariège), dans le niveau du carbonifère contenant les phosphates noirs. Je fais allusion ici à un minéral fibreux, concrétionné, décrit autrefois par Damour sous le nom d'*hydroapatite* et dont j'ai retrouvé les échantillons originaux dans la collection du Muséum (densité $= 3,09$; $n_m = 1,625$). J'en donne ci-contre l'analyse *a*, comparée à celle *b* de la francolite de Tavistock par Maskelyne et Flight, *c* de la staffé-

(¹) Les lames hexagonales de francolite se divisent en secteurs biaxes avec axes assez écartés; le minéral devient uniaxe par mélange de ces diverses orientations.

(²) Ces données diffèrent de celles concernant l'apatite fluorée, dont l'indice médian est de 1,643 et la densité moyenne de 3,2. M. W. Tschirwinsky a montré (*Centralblatt Miner.*, 1907. p. 279) que les phosphorites de Podolie renferment un minéral hexagonal ou fibreux, auquel il attribue la formule $3Ca^3(PO^4)^2.CaCO^3$; cette substance est à ajouter à celles décrites plus haut, si elle diffère réellement de la francolite.

lite de Staffel par Forster, *d* à la composition théorique de la francolite et enfin *e* à la composition de la dahllite, d'après M. Brögger.

Dans son analyse, Damour, il est vrai, ne signale pas l'acide carbonique, mais il est à remarquer que la teneur en eau qu'il indique est sensiblement égale à la somme $CO^2 + H^2O$ de la composition théorique de la francolite et, d'autre part, j'ai pu m'assurer par des essais directs que le minéral fait bien effervescence sous l'action d'un acide.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
CaO	52,32	54,09	54,67	53,8	53,00
P^2O^5	40,00	38,14	39,05	37,3	38,44
F	3,36	3,34	3,05	3,4	»
CO^2	5,30	2,25	3,19	3,9	6,29
H^2O		1,59	1,40	1,6	1,37
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,43	0,91	0,07	»	0,79
$K^2O + Na^2O$	»	»	»	»	1,00
MgO	»	»	0,69	»	»
	101,41	101,01	101,43	100,0	100,89

Les observations qui précèdent m'ont conduit à étudier le minéral désigné sous le nom de *colophanite* (kollophan); cette substance, ressemblant à de la gomme ou à de la colophane, a été trouvée dans les gisements de guano de l'île Sombrero; sa densité est de 2,7; l'analyse originale a fourni les résultats suivants : P^2O^5 39,10 ; CaO 50,70 ; MgO 0,80 ; CO^2 3,96 ; H^2O 5,02 = 99,58. Sandberger, supposant que l'acide carbonique provenait d'un mélange avec de la calcite, l'a déduit, avec la quantité correspondante de chaux, des nombres précédents et a attribué au minéral la formule $Ca^3(PO^4)^2 + H^2O$, admise depuis lors dans tous les Traités de Minéralogie.

J'ai examiné un certain nombre d'échantillons de ce minéral et de sa variété, la monite, provenant soit de l'île de Sombrero, soit des gisements analogues récemment découverts dans les archipels Tuamotu et Tubuaï; leurs propriétés physiques et chimiques ne diffèrent pas de celles du phosphate amorphe des gisements français [1].

Cette étude comporte une conclusion au point de vue de la nomenclature minéralogique; le terme de phosphorite doit être abandonné comme nom

[1] Il faut sans doute rapporter aussi à un type très fluoré de colophanite les phosphates des gisements crétacés et éocènes du nord de la France, de l'Algérie et de la Tunisie.

de minéral; les produits auxquels il est appliqué étant fort différents. Je propose de réunir sous le nom de *colophanite* les composés isotropes de phosphate et de carbonate de calcium [1], et de désigner sous le nom de *quercyite* (du nom de la région française) ceux qui sont constitués par un mélange intime de colophanite et d'un minéral cristallisé de composition analogue.

En terminant, il me reste à signaler un dernier type de phosphorite, représenté dans quelques gisements français seulement (Caylus et Mouillac, en particulier), et dont j'ai trouvé aussi des exemples parmi des échantillons provenant de Sombrero et de Castillo de Belmez, près de Badajoz (Espagne). Il présente les mêmes caractères extérieurs que les précédents; la structure microscopique est également identique, mais les produits biréfringents associés à la colophanite sont, les uns optiquement négatifs et semblables à ceux décrits plus haut, et les autres optiquement positifs. La biréfringence de ces derniers est environ le double de celle du corps négatif. Je n'ai pu encore réussir à isoler ce minéral, qui a qualitativement la même composition que le précédent et dont je poursuis l'étude. Je désigne provisoirement sous le nom de *quercyite* β ce type plus complexe de phosphorite [2].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de préparation directe des thiols par catalyse à partir des alcools.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans une Note récente [3], l'activité catalytique de déshydratation que possèdent certains oxydes métalliques, tels que l'alumine, la thorine, l'oxyde bleu de tungstène, vis-à-vis des alcools primaires forméniques, nous a paru devoir être expliquée par la formation,

---

(1) Je signalerai l'existence dans les gisements du Quercy de curieuses pseudomorphoses de gros cristaux (1^{cm} à 2^{cm}) de brushite en quercyite; il est intéressant de constater que la cristallisation du phosphate bicalcique a suivi la production des rognons de quercyite et que plus tard ces cristaux ont été transformés en la même substance que celle sur laquelle ils reposent.

(2) Les observations qui font l'objet de cette Note donnent une importance pratique aux recherches chimiques, effectuées depuis quelques années par M. Barillé sur le rôle de l'acide carbonique comme agent convoyeur des phosphates dans la nature (*Comptes rendus*, 12 octobre 1908 et 8 février 1909).

(3) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, séance du 29 mars 1910.

à partir de ces oxydes et des alcools, de véritables éthers-sels instables, qui, aussitôt formés, se dédoublent en carbure éthylénique et oxyde régénéré. Ainsi la thorine pourrait fournir

$$\underbrace{2(C^nH^{2n+1}OH)}_{\text{Alcool.}} + ThO^2 = H^2O + \underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate.}},$$

puis, sous l'action de la chaleur,

$$\underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate.}} = ThO^2 + H^2O + \underbrace{2C^nH^{2n}}_{\text{Carbure.}}.$$

On pouvait prévoir que si, dans le système où se trouve de la sorte engendré le *thorinate*, on introduit un acide de fonction plus énergique que celle de l'hydrate de thorium, cet acide pourra déplacer ce dernier, tout au moins en partie, et produira l'éther-sel correspondant.

Ainsi on aurait

$$\underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate alcoolique.}} + \underbrace{2AH}_{\text{Acide.}} = \underbrace{2(AC^nH^{2n+1})}_{\text{Éther-sel.}} + ThO^2 + H^2O.$$

Et si cet acide est en même temps incapable d'agir sur la fonction basique de l'hydrate de thorium pour le transformer en un sel stable, cet hydrate va régénérer l'oxyde de thorium, qui pourra recommencer indéfiniment le même cycle de réactions.

L'acide sulfhydrique, n'exerçant aucune action sur l'alumine ni sur la thorine, pouvait être essayé. Or, d'après les indications que fournit la Mécanique chimique, l'activité de ses deux fonctions acides doit surpasser, tout au moins pour l'une d'elles, l'activité de la fonction acide des hydrates d'aluminium ou de thorium.

Nous avons donc pensé qu'on aurait successivement

$$\underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate alcoolique.}} + 2H^2S = \underbrace{2(C^nH^{2n+1}SH)}_{\text{Thiol.}} + ThO^2 + H^2O$$

et ensuite, plus difficilement, à partir de la fonction acide qui subsiste encore dans le thiol (sulfhydrate acide) :

$$\underbrace{ThO(OC^nH^{2n+1})^2}_{\text{Thorinate alcoolique.}} + \underbrace{2(C^nH^{2n+1}SH)}_{\text{Thiol.}} = \underbrace{2(C^nH^{2n+1})^2S}_{\text{Sulfate neutre.}} + ThO^2 + H^2O.$$

L'oxyde de thorium étant régénéré pourra réagir de nouveau sur les alcools, et si l'on continue à faire intervenir de l'acide sulfhydrique, il pourra fonctionner indéfiniment comme catalyseur pour engendrer des thiols et même des sulfures neutres alcooliques.

Nos prévisions ont été absolument vérifiées par l'expérience : il y a réellement production de thiols, et, dans une moindre proportion, de sulfures neutres.

Nous en avons déduit une *méthode de préparation directe des thiols* à partir des alcools.

Il suffit de diriger sur une traînée d'oxyde de thorium, chauffée entre 300° et 360°, un mélange d'hydrogène sulfuré et des vapeurs de l'alcool que l'on veut transformer [1]. Les gaz sont envoyés, au sortir du tube à oxyde, dans un réfrigérant, où se condense le thiol, avec l'eau formée, les petites portions d'alcool non décomposé, et une certaine dose de sulfure neutre. Le thiol est isolé facilement de ce mélange par une distillation fractionnée, précédée, s'il est nécessaire, par une décantation pour séparer l'eau.

Une portion de l'alcool employé échappe à la réaction en subissant la déshydratation; elle est peu importante avec les alcools primaires forméniques, si la température n'est pas trop haute; elle est au contraire assez élevée pour les alcools secondaires, où la formation des carbures éthyléniques est très facile.

Nous avons ainsi préparé à partir des alcools primaires forméniques correspondants :

	Ébull.
Le méthanethiol	6°
L'éthanethiol	36
Le propanethiol$_1$	67
Le méthylpropanethiol$_1$	88
Le méthyl$_2$-butanethiol$_2$	116

Le rendement est très bon quand le thiol n'est pas trop volatil, et peut être condensé facilement par réfrigération au sein du courant gazeux. Dans le cas de l'alcool isoamylique, il a surpassé 75 pour 100.

Nous avons isolé de même, avec un excellent rendement, à partir de l'alcool allylique, le *propènethiol*, qui bout à 90°.

L'alcool benzylique donne avec un rendement assez satisfaisant le *phénylméthanethiol*, qui bout à 194° accompagné d'une certaine dose de sulfure

[1] On peut employer l'hydrogène sulfuré mêlé d'hydrogène que fournit l'attaque du sulfure de fer par les acides minéraux.

neutre $(C^6H^5CH^2)^2S$, que la distillation détruit en donnant surtout du *stilbène* solide fondant à 124°.

Les rendements sont moins satisfaisants et ne dépassent guère un tiers, avec les divers alcools secondaires. Nous avons préparé

	Ébull.
Le propanethiol$_2$	58°
Le cyclohexanethiol	155
L'orthométhylcyclohexanethiol	161
Le métaméthylcyclohexanethiol	168
Le paraméthylcyclohexanethiol	169

Le cyclohexanethiol avait été obtenu par Borsche et Lange en hydrogénant le chlorure de cyclohexanesulfonyle, et décrit comme bouillant à 158°-160° (1). L'un de nous l'a isolé avec M. Murat par action du soufre sur le chlorure de cyclohexylmagnésium et indiqué comme bouillant à 152° (2). Notre méthode directe nous a conduits à un produit bouillant à 155°.

Le métaméthylcyclohexanethiol avait été isolé par Borsche et Lange (3), et décrit comme bouillant à 172°-174°. Nous avons obtenu comme point d'ébullition 168°.

L'orthométhylcyclohexanethiol et le paraméthylcyclohexanethiol n'avaient jamais été isolés antérieurement.

Production des thiophénols. — Les oxydes catalyseurs de déshydratation n'exercent sur le phénol et ses homologues aucune action appréciable au-dessous de 400°. Vers 450°, sur la thorine, on obtient avec le phénol une faible formation d'*oxyde de phényle*, bouillant à 250°, issu sans doute de la décomposition d'une combinaison instable engendrée par la thorine et le phénol. On pouvait prévoir que l'action de l'acide sulfhydrique sur le phénol, en présence de l'oxyde catalyseur, ne pourrait, si elle a lieu, se manifester qu'au-dessus de 400°.

C'est ce que l'expérience a vérifié. En dirigeant sur la thorine chauffée entre 430° et 480° le mélange des vapeurs de phénol ou d'un crésol et d'acide sulfhydrique, on obtient effectivement le *thiophénol* correspondant : mais le rendement est bien inférieur à celui que donnent les alcools, et, dans le cas le plus favorable, a atteint seulement 17 pour 100. Une température

(1) Borsche et Lange, *Ber. Chem. Ges.*, t. XXXIX, 1906, p. 392.
(2) Mailhe et Murat, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 288.
(3) Borsche et Lange, *Ber. Chem. Ges.*, t. XL, 1907, p. 2220.

supérieure à 500° le diminue, à cause de la destruction déjà importante que subit l'hydrogène sulfuré. La méthode appliquée aux divers phénols constitue donc, plutôt qu'un procédé réel de préparation, un mode de formation, permettant de montrer commodément dans un cours la production des thiophénols, pour en manifester les réactions caractéristiques qu'ils fournissent avec l'acide sulfurique concentré, pourpre pour le thiophénol, bleue pour le thiométacrésol, rose pour le thio-orthocrésol.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de Lord *Rayleigh*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 35,

M. Blaserna	obtient.....	29	suffrages
M. Ch.-Ed. Guillaume	»	4	»
M. J.-J. Thomson	»	2	»

M. **Blaserna**, ayant réuni la majorité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

NOMINATIONS.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie le désir exprimé par S. Exc. l'Ambassadeur d'Angleterre de voir l'Institut de France se faire représenter, par une délégation de cinq membres, au service funèbre qui sera célébré le vendredi 20 mai à l'Église anglaise, à la mémoire de *S. M. le Roi Édouard VII*.

L'Académie désigne son président, M. **Armand Gautier**, pour la représenter à cette cérémonie.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Bosscha**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les *Comptes rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente de l'*Association internationale de Sismologie, *réunie à Zermatt du* 30 *août au* 2 *septembre* 1909; rédigés par le Secrétaire général R. de Kövesligethy.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de la comète de Halley.* Note de M. E. **Esclangon**, présentée par M. H. Deslandres.

Les figures schématiques suivantes, déduites des observations que j'ai pu faire à l'Observatoire de Bordeaux (équatorial de $0^{m},38$ d'ouverture) se rapportent (sauf la figure 1) à divers aspects récents de la tête de la comète de Halley.

La figure 1 représente l'aspect de la comète à une date déjà éloignée, le 13 février dernier. La nébulosité est presque circulaire, ou, du moins, paraît telle; mais le noyau, encore mal limité, présente déjà deux prolongements, lui donnant un aspect vaguement triangulaire.

Fig. 1. — 13 février.

Fig. 2. — 27 avril.

Fig. 3. — 10 mai.

Fig. 4. — 11 mai.

Figures schématiques déduites des observations [1].

La figure 2 se rapporte à une observation du 27 avril. Le faisceau d'aigrettes, à l'avant du noyau, est très visible; le contour au sommet paraît nettement limité et parabolique, le noyau restant un peu en arrière du foyer. Les deux surfaces de discontinuité issues du noyau, s'ouvrant en forme de V à branches courtes, sont très apparentes et nettement marquées. Le ciel était, du reste, très pur.

La figure 3 est relative à une observation du 10 mai (ciel également très beau). Les aigrettes ont grandi en dimensions apparentes. Elles s'ouvrent en éventail sous un

[1] Les dates sont exprimées en temps civil. Les traits pleins se rapportent aux caractères *très visibles et très nettement observés;* les traits discontinus à ceux qu'un état moins bon du ciel ou des modifications de l'astre n'ont pas permis de distinguer aussi nettement.

angle de 70° et ont une longueur d'environ 30′ aux bords extrêmes. Cependant les surfaces de discontinuité en V paraissent un peu moins nettes que dans l'observation du 27 avril. La queue de la comète m'a paru avoir le 10 mai une longueur d'environ 10°.

Le 11 mai, le ciel était légèrement nuageux; les aigrettes de l'avant sont cependant très brillantes, mais il m'a semblé que leur orientation moyenne s'écartait très notablement de l'axe de la comète (axe Comète-Soleil), ainsi que le montre la figure 4. Y aurait-il une oscillation des aigrettes, ainsi que cela fut observé en 1835? L'inconstance du temps s'opposant à la continuité des observations ne m'a pas permis, à Bordeaux, de vérifier ultérieurement une telle variation.

Mais un caractère frappant (que je n'ai pas observé le 10 mai, à cause probablement de l'heure un peu tardive et de l'influence de la clarté du jour qui se faisait déjà sentir) dans l'aspect de la comète le 11 mai était la *très grande longueur de la queue;* sensiblement rectiligne et très pâle, elle atteignait 25° (la distance angulaire des étoiles η et β de la Grande Ourse). Elle était très visible, malgré les quelques nuages qui couvraient l'horizon est. Vers son extrémité elle avait plusieurs degrés de largeur apparente. En admettant que la queue puisse être courbe dans le plan de l'orbite, la courbure doit être faible en raison de la rectitude apparente observée d'une part, et de l'angle très sensible que, d'autre part, le rayon visuel faisait le 11 mai avec le plan de l'orbite.

En adoptant le chiffre de 25° pour la longueur apparente, on trouve pour la longueur absolue de la queue le 11 mai, en fonction du demi-axe de l'orbite terrestre, 0,18, c'est-à-dire une longueur supérieure à la distance qui, le 19 mai, séparera la Terre du noyau de la comète. D'autre part, les positions actuelles observées restent très approximativement d'accord avec les éphémérides. Donc, à moins de modifications importantes et rapides, avec lesquelles, du reste, on doit toujours compter lorsqu'il s'agit des comètes, il semble bien que la Terre doive, le 19 mai, traverser effectivement la queue de l'astre.

Du reste, plus récemment encore, le 16 mai, à $2^h 30^m$ du matin, alors que la tête de la comète était encore sous l'horizon, j'ai pu repérer avec assez de précision l'extrémité de la queue. Celle-ci dépassait la ligne ε Pégase à β Verseau; sa limite extrême paraissant être α Petit Cheval. A 15° ou 20° de son extrémité, elle avait 6° à 7° de largeur, mais elle allait ensuite en s'amincissant notablement jusqu'à l'extrémité même. Elle était pâle, mais cependant très visible.

On déduit de cette observation que la queue avait 65° de longueur apparente, ce qui correspond à une dimension absolue égale à 0,20 (dans l'observation du 11 mai j'avais trouvé 0,18, mais je considère celle du 16 mai comme meilleure). La distance de la Terre au noyau étant 0,16 le 19 mai, on peut en conclure que la queue s'étendra au delà de la Terre à une distance d'environ 5 millions de kilomètres.

ASTRONOMIE. — *Sur l'aplatissement de Io, premier satellite de Jupiter.* Note de M. **J. Comas Sola**, présentée par M. Bigourdan.

Dès que, en 1905, je commençai d'observer Jupiter, avec l'équatorial double Mailhat de 38^{cm} de l'Observatoire Fabra, je vis le satellite Io allongé ou très aplati. Ces premières observations firent l'objet d'une Note que j'eus l'honneur d'adresser à l'Académie (*Comptes rendus* du 10 juin 1907) et où j'affirmais la réalité de ce surprenant allongement.

Depuis lors j'ai continué à observer ce satellite, en profitant des plus belles images, et le résultat a été, pour moi, une confirmation complète de cet aplatissement. Maintenant, je considère comme sûr que Io est très aplati et que son aplatissement est, par sa grandeur, supérieur à tout ce que l'on connaissait dans notre système solaire.

Je n'insisterai plus sur les effets optiques ou topographiques du disque pour expliquer cet aplatissement; aucune de ces considérations ne peut rendre compte de la figure singulière de Io. D'ailleurs son ombre sur la planète est allongée aussi (Note citée).

Pour éviter toute suggestion, quand j'observe Jupiter je fais toujours l'expérience de deviner le satellite I par son allongement, et jamais je ne me suis trompé. Dans les belles soirées, cet allongement est, en général, évident avec un grossissement de 550; il est très frappant avec 750 (le plus fort de l'instrument).

La moyenne générale, jusqu'à présent (de 1905 à 1910), de mes mesures de l'angle de position de la direction de l'allongement, par rapport au plan de l'orbite du satellite, donne une valeur sensiblement nulle. On peut donc admettre, au moins provisoirement, que le plan *équatorial* de Io coïncide avec le plan de son orbite.

D'autre part, l'allongement n'est pas tout à fait constant. Ces variations d'allongement, très difficiles à observer, seraient indépendantes de la position du satellite par rapport à la planète.

Pour la détermination de la valeur de cet aplatissement, eu égard aux très faibles dimensions apparentes de cet astre, au lieu de faire des mesures micrométriques, j'ai préféré comparer la figure télescopique de Io à des ellipses dessinées sur du papier et d'aplatissements variés. De cette façon, j'ai fixé l'aplatissement maximum à $\frac{1}{40}$. Quant au minimum, jamais le disque du satellite n'a été pour moi un cercle, mais quelquefois je l'ai vu très peu différent de cette figure.

Je ne crois pas que ce singulier aplatissement de Io ait pour origine un très rapide mouvement de rotation de cet astre; et il semble bien plus naturel de chercher la cause dans l'attraction de Jupiter sur le satellite.

On peut, à ce sujet, faire deux hypothèses:

1° Le satellite, pendant son état de fluidité primitive et par l'effet des marées produites par Jupiter, aurait subi un commencement de segmentation et pris la forme spéciale d'équilibre dite *apiodale :* j'ai pu, en effet, observer plusieurs fois une sorte d'étranglement du satellite vers sa partie moyenne; 2° le satellite aurait subi une segmentation complète et produit deux corps qui tourneraient autour du centre de gravité commun, corps dont les masses seraient comparables, presque égales, et dont les surfaces seraient presque tangentes, offrant ainsi une disposition très semblable à celle de l'étoile variable U Ophiuchus. Plusieurs fois ce satellite m'a produit l'effet d'une grosse étoile double trop serrée pour être nettement dédoublée. Dans cette hypothèse, la révolution des composantes aurait lieu en plusieurs heures, ce qui est compatible avec les observations, car elles me font croire que les variations d'allongement sont sensibles dans l'intervalle d'une seule soirée.

Il me serait très agréable que quelque astronome, disposant d'un très puissant instrument et de très belles images, voulût bien se livrer à cette étude, en vue de déterminer la cause des aspects surprenants que j'observe depuis longtemps dans ce satellite.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes.* Note de M. **Borrelly**, présentée par M. Maurice Hamy.

Comète de Halley 1909 *c*.

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avril 21.	16.10.30	+0. 3,01	— 3.13,3	5:5	23.51. 3,37	—$\bar{1}$,633	82.13.34,5	—0,770	1
» 23.	16. 3.25	—0.32,72	— 4.10,8	5:5	23.50.27,68	—$\bar{1}$,634	82.12.36,8	—0,769	2
» 24.	15.57.33	—0.41,17	— 5.21,5	5:5	23.50.19,25	—$\bar{1}$,634	82.11.26,0	—0,770	3

Dates. 1910.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔΦ.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Φ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avril 25.	15.37.48	−0.41,12	− 7. 1,9	5:5	23.50.19,32	−ī,635	82. 9.45,5	−0,772	4
» 25.	15.59.39	−0. 3,02	+ 2.57,0	5:5	23.50.19,75	−ī,633	82. 9.46,4	−0,778	5
» 26.	15.47.25	+0. 5,38	+ 0.50,0	5:5	23.50.28,24	−ī,634	82. 7.39,3	−0,770	6
» 27.	16. 5.53	+0.23,62	− 2. 6,1	5:5	23.50.46,50	−ī,631	82. 4.43,1	−0,765	7
» 28.	15.55.40	+0.52,77	− 5.49,1	5:5	23.51.15,67	−ī,632	82. 1. 0,0	−0,766	8
» 29.	15.52.25	+1.33,04	−10.16,9	5:5	23.51.55,96	−ī,632	81.56.32,1	−0,765	9
Mai 1.	15.38.34	−3.46,21	+11.48,7	4:4	23.54. 0,50	−ī,633	81.44.37,0	−0,767	10
» 6.	15.39.16	+0.47,44	+ 8.45,4	5:5	0. 5.11,28	−ī,633	80.47.56,0	−0,763	11
» 7.	15.17.49	+4.31,90	− 9.23,0	3:3	0. 8.55,76	−ī,637	80.29.47,5	−0,769	12
» 8.	15.13.20	+1.21,92	− 7. 8,1	5:5	0.13.28,75	−ī,637	80. 8.18,7	−0,770	13
» 9.	15.32.42	+2.50,67	+10.56,3	5:5	0.19. 6,27	−ī,636	79.42.21,9	−0,763	14
» 10.	15.17.47	−1. 2,42	+14. 5,0	5.5	0.25.47,61	−ī,639	79.11.59,8	−0,769	15

Étoiles de comparaison.

★	G.	R moyenne, 1910,0.	Réduction au jour.	Φ moyenne, 1910,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..	7	23.51. 1,49	−1,13	82.16.39,0	+ 8,8	11818, Leipzig II, AG
2..	7	23.51. 1,49	−1,09	82.16.39,0	+ 8,6	11818, Leipzig II, AG
3..	7	23.51. 1,49	−1,07	82.16.39,0	+ 8,5	11818, Leipzig II, AG
4..	7	23.51. 1,49	−1,05	82.16.39,0	+ 8,4	11818, Leipzig II, AG
5..	8,1	23.50.23,88	−1,04	82. 6.40,9	+ 8,5	11813, Leipzig II, AG
6..	8,1	23.50.23,88	−1,02	82. 6.40,9	+ 8,4	11813, Leipzig II, AG
7..	8,1	23.50.23,88	−1,00	82. 6.40,9	+ 8,3	11813, Leipzig II, AG
8..	8,1	23.50.23,88	−0,98	82. 6.40,9	+ 8,2	11813, Leipzig II, AG
9..	8,1	23.50.23,88	−0,96	82. 6.40,9	+ 8,1	11813, Leipzig II, AG
10..	7	23.57.47,65	−0,94	81.32.40,5	+ 7,8	11858, Leipzig II, AG
11..	8	0. 4.24,70	−0,86	80.39. 3,4	+ 7,2	11813, Leipzig II, AG
12..	8	0. 4.24,70	−0,84	80.39. 3,4	+ 7,1	11813, Leipzig II, AG
13..	6,8	0.12. 7,68	−0,85	80.15.19,9	+ 6,9	11861, Leipzig II, AG
14..	8,7	0.16.16,45	−0,85	79.31.18,8	+ 6,8	11887, Leipzig I, AG
15..	8	0.26.50,91	−0,88	78.57.48,3	+ 6,5	11123, Leipzig I, AG

Remarques. — Le 16 avril, la comète de Halley offre l'aspect d'un noyau condensé, presque dépourvu de chevelure, de 5e grandeur; elle brille moins que l'étoile ω des Poissons qui est dans son voisinage et disparaît bien avant elle dans la lumière du jour. Le 18 avril, la comète a même apparence que l'avant-veille; elle est pourtant un peu plus brillante. Le 21 avril, le noyau de la comète est étalé, comme écrasé et entouré d'une chevelure; la queue est bien visible, la branche principale est sensiblement parallèle à la direction du mouvement diurne, elle se prolonge dans toute l'étendue du champ de la lunette. L'éclat du noyau est de 4e-5e grandeur.

Le 23 avril, l'aspect de la comète a changé, la queue est divisée en deux branches

et une aigrette part du noyau se dirigeant vers le Sud; le noyau a une teinte rouge clair bien prononcée. Le 24, le noyau paraît aussi brillant que l'étoile ω des Poissons et deux aigrettes se montrent au Sud et au Nord. Le 25, la comète a l'éclat d'une étoile de 3e-4e grandeur, les deux aigrettes de la veille subsistent toujours. A l'œil nu, on voit la queue sur une étendue d'environ 3°. Le 26, le noyau est brillant, il surpasse en éclat ω des Poissons. A l'œil nu, la queue est très apparente. Les aigrettes subsistent toujours et, par instants, on croit voir d'autres jets s'échapper du noyau. Le 27, le ciel est brumeux, la comète est plus pâle tant dans la lunette qu'à l'œil nu. Le 28, la comète est de 3e grandeur, le noyau d'apparence planétaire mesure 8″, le diamètre de la tête 2′. Elle reste visible jusqu'à 19^h6^m t. s. et disparaît après l'étoile 11818 A. G. de 7e grandeur.

Le 29 avril, la comète a presque l'éclat de α Pégase; on voit deux aigrettes, l'une plus brillante que l'autre. La queue a encore augmenté en longueur, elle atteint l'ascension droite de Vénus, mais se trouve beaucoup au-dessus. Le 1er mai, le noyau paraît allongé par suite de l'éclat des aigrettes; il a l'éclat de α Pégase. La queue s'étend à 10° et passe à 10°40′ au-dessus de Vénus. Le 2 mai, la comète est très belle, le noyau a plutôt l'apparence stellaire aujourd'hui, la queue mesure 10° de longueur et passe à plus de 10° au-dessus de Vénus. Le 4 mai, la comète est superbe; son éclat est sensiblement celui de Markal. Le noyau mesure 10″, la tête 5′ à 15^h12^m. La queue a 15° de longueur. Le 6 mai, la comète est magnifique; elle s'étend dans le carré de Pégase, de γ à α avec Vénus au-dessous. Deux belles aigrettes partent du noyau en haut et en bas, la queue a une longueur de 15° à 16°. Le 7 mai, la comète a sensiblement le même aspect que la veille. On voit trois étoiles filantes qui partent non loin de la région de la comète. Le 8 mai, la comète a une troisième aigrette dirigée vers le Soleil. La queue s'est encore allongée et atteint 18°. La comète est toujours très belle, le ciel est un peu nuageux dans la région le 9 mai. Le ciel est médiocre le 10 mai, la comète est néanmoins très belle. Le 11 mai, le ciel est brumeux; on voit néanmoins la comète qui est toujours superbe. Une étoile filante d'un bel éclat traverse le champ de la lunette, marchant parallèlement avec la comète, mais en sens contraire à $18^h43^m47^s$ temps sidéral.

Le 13 mai, à 15^h t. m., la comète paraît s'être brusquement et notablement transformée. Son noyau brille comme une étoile de 1re grandeur et mesure 11″ de diamètre. Un trait brillant, qui n'existait pas les jours précédents, part du noyau à l'opposé du Soleil et partage la queue rectiligne qui mesure actuellement 43° de longueur. L'extrémité de cette queue a l'intensité des étoiles de 6e grandeur et se trouve à la position approchée

$$R = 22^h6^m \qquad \text{et} \qquad D = +6^\circ.$$

Il fait grand jour que la comète est encore visible.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une nouvelle classe de surfaces.* Note de M. Tzitzéica.

Je me propose de compléter sur plusieurs points les résultats de ma dernière Communication (18 avril 1910).

1. Tout d'abord, si la surface initiale S est une quadrique à centre, toutes les surfaces transformées sont aussi des quadriques ayant le même centre que S.

On déduit de là, par une transformation homographique, les congruences W les plus générales admettant comme surfaces focales des quadriques. Ce résultat est d'ailleurs implicitement compris dans un travail de M. C. Segre sur les congruences W (*Accad. di Torino*, 1907).

2. Si la surface initiale est simplement réglée, les surfaces transformées sont aussi simplement réglées.

3. Dans le cas où S est une surface quelconque pour laquelle on a

$$K : p^4 = \text{const.},$$

la première transformation exige l'intégration du système

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial^2 R}{\partial u^2} &= \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial u}\frac{\partial R}{\partial u} - \frac{1+c}{1-c}\frac{1}{h}\frac{\partial R}{\partial v} \\ \frac{\partial^2 R}{\partial u\,\partial v} &= hR \qquad\qquad (c = \text{const.}), \\ \frac{\partial^2 R}{\partial v^2} &= -\frac{1-c}{1+c}\frac{1}{h}\frac{\partial R}{\partial u} + \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial R}{\partial v} \end{aligned}\right.$$

h étant une intégrale, nécessairement connue en même temps que la surface S considérée, de l'équation

$$\frac{\partial^2 \log h}{\partial u\,\partial v} = h - \frac{1}{h^2}.$$

Si, quelle que soit la constante c, on a obtenu l'intégrale générale du système (1), alors l'application des transformations suivantes ne demande plus d'intégration.

Pour démontrer cette proposition, je me suis servi de la propriété suivante, analogue au théorème de permutabilité de M. Bianchi. Considérons les surfaces S_1 et S_2 obtenues par une première transformation de S, en prenant dans le système (1) $c = c_1$ et $c = c_2$. Parmi les transformées de S_1 et celles de S_2, il y en a une et une seule commune, S'.

4. Dans le cas où l'on prend $c = 0$, les surfaces transformées se réduisent à des droites passant par l'origine; si $c = \infty$, elles sont rejetées à l'infini, chaque point du plan de l'infini correspondant à un point déterminé de la surface, lorsque la solution R est choisie.

5. Enfin, bien que l'intégrale générale du système (1) soit de la forme

$$R = c_1 R_1 + c_2 R_2 + c_3 R_3 \qquad (c_i = \text{const.}),$$

une des constantes c_i disparaît dans la première transformation, qui ne contient par conséquent *que trois* constantes arbitraires : c, c_1 et c_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation différentielle du mouvement d'un projectile sphérique pesant dans l'air.* Note [1] de M. E. Ouivet, présentée par M. Appell.

I. On a entre la vitesse v du centre de gravité et l'angle α de cette vitesse avec l'horizon, l'équation classique

$$(1) \qquad \frac{d(v\cos\alpha)}{d\alpha} = v\varphi(v).$$

M. P. Appell (*Archiv der Mathematik und Physik*, 1903) la ramène par le changement de fonction

$$v[\sin\alpha + \varphi(v)] = \frac{1}{z},$$

à l'équation

$$(2) \qquad \frac{dz}{dv} = v[\varphi^2(v) - 1]z^3 - [2\varphi(v) + v\varphi'(v)]z^2.$$

M. le colonel Jacob (*Mémorial de l'Artillerie de Marine*, 1899) tire des équations du mouvement l'équation différentielle

$$(3) \qquad gv^3 y'' + g^3 y'^3 \frac{1-\varphi^2}{\varphi^2} + gv\left(\frac{3}{\varphi^2} + \frac{v\varphi'}{\varphi} - 1\right)(gy'^2 + vy') + \frac{v^3}{\varphi^2} = 0,$$

qui relie l'ordonnée y à la vitesse. Je ferai remarquer qu'elle admet l'intégrale particulière $gy' = -v$, d'où, en faisant le changement de fonction $gy' = -v + \zeta$, l'équation

$$(4) \qquad v^3\zeta' + \frac{1-\varphi^2}{\varphi^2}\zeta^3 + v\zeta(\zeta - v)\left(\frac{v\varphi'}{\varphi} + 2\right) = 0;$$

elle est de même forme que l'équation (2) et s'y ramène par le changement de fonction $\zeta = v^2\varphi z$.

---

[1] Présentée dans la séance du 9 mai 1910.

Je signalerai une forme d'équation balistique qui me paraît avantageuse. Si dans l'équation (1) on introduit, comme inconnue, la composante verticale W de la vitesse, on trouve simplement

$$\frac{dW}{dv} = \frac{W\varphi + v}{W + v\varphi}. \tag{5}$$

Cette équation admet les deux solutions $W = \pm v$ quelle que soit la résistance φ. Elles correspondent au mouvement vertical ascendant ou descendant.

II. L'intégration du problème balistique peut être poursuivie sur l'une des trois équations précédentes. A titre d'exemple, je signalerai quelques cas que je crois nouveaux.

1° L'équation (2) est intégrable, les variables sont séparées, si φ vérifie l'équation

$$2\varphi + v\varphi' = cv(1 - \varphi^2) \qquad (c = \text{const.})$$

dont l'intégrale générale est

$$\varphi(v) = 1 - \frac{\operatorname{Ch} c(v - v_0)}{cv \operatorname{Sh} c(v - v_0)} \qquad (v_0 = \text{const.});$$

2° L'équation (2) est intégrable si elle admet une intégrale proportionnelle au rapport des coefficients V_2 et V_3 des termes en z^2 et z^3; la substitution $z = mu V^2 : V^3$ sépare les variables. Posons $\varphi = f'$, on obtient pour déterminer f, l'équation

$$\frac{v(f'^2 - 1)}{vf'' + 2f'} + m(m+1)(vf' + f) + C = 0.$$

Je prends $c = 0$, $m = -\frac{1}{2}$ et j'effectue la substitution $v = e^x$, $f = ye^x$; prenant de plus $y' = p$ comme variable, on obtient

$$\frac{dy}{dp} = \frac{p(2y + p)}{p^2 - 4}$$

qui est une équation linéaire. On a alors $\varphi(v) = y + p$, $v = e^{\int \frac{dy}{p}}$; on obtient donc $\varphi(v)$ et v en fonction d'un paramètre.

3° L'équation (5) admet pour intégrale générale

$$(W - v)^a (W + v)^b (W - z)^c = \text{const.},$$

où a, b, c sont des constantes et z la fonction

$$v\frac{(a + b + c)\varphi^2 - (a - b)\varphi - c}{a - b - (a + b)\varphi},$$

si φ vérifie l'équation

$$(6)\qquad (a+b+c)\varphi-(a-b)=c\frac{d}{dv}v\frac{(a+b+c)\varphi^2-(a-b)\varphi-c}{(a-b)-(a+b)\varphi},$$

On peut trouver un certain nombre de cas d'intégration de l'équation (6) qui conduisent à des lois de résistance nouvelles. Par exemple, pour $a=b$, $2a+c=1$, on trouve

$$\varphi=kv^{-\frac{1}{c}}+\sqrt{c^2+k^2x^{-\frac{2}{c}}},$$

loi physiquement acceptable en donnant à c des valeurs négatives. De même pour $a+b+c=0$, φ est une fonction homographique de la vitesse et d'une constante arbitraire. Enfin si l'un des trois nombres a, b, c est nul, on obtient une nouvelle loi de résistance par l'intégration d'une équation linéaire. Ces exemples sont basés sur la connaissance d'intégrales particulières de l'équation balistique; dans un Mémoire ultérieur, je montrerai tout le parti qu'on peut tirer de ces solutions particulières pour l'intégration de l'équation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctionnelles continues.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Appell.

Je veux ajouter ici quelques compléments à une remarquable proposition de M. Riesz [1].

D'après cette proposition, toute fonctionnelle linéaire U_f définie dans le champ des fonctions $f(x)$ continues de 0 à 1 peut s'exprimer sous la forme

$$(1)\qquad U_f=\int_0^1 f(x)\,d\alpha(x),$$

$\alpha(x)$ étant une fonction à variation bornée et l'intégrale étant définie au sens de Stieltjes. En supposant $\alpha(1)=0$, la fonction $\alpha(x)$ est définie, sauf en un ensemble dénombrable de points.

I. On peut supprimer cette indétermination en assujettissant, en outre, la fonction $\alpha(x)$ à être partout régulière, c'est-à-dire en supposant

$$\alpha(x)=\frac{\alpha(x+0)+\alpha(x-0)}{2}\qquad \text{pour}\qquad 0<x<1.$$

---

[1] F. Riesz, *Sur les opérations fonctionnelles* (*Comptes rendus* du 29 novembre 1909).

Une telle fonction $\alpha(x)$ existe et est unique. De plus, ce choix a l'avantage suivant : $\alpha(x)$ dépend alors de U_f de façon distributive et continue.

II. On obtient aussi une *représentation unique de son espèce* sous la forme

$$U_f = \int_0^1 f(x)\,du(x) + \sum_i a_i f(x_i),$$

où $u(x)$ est une fonction CONTINUE *à variation bornée et nulle pour $x = 1$ et où les a_i et les x_i sont des constantes indépendantes de la fonction $f(x)$.* On a

$$0 \leq x_i \leq 1;$$

et, ou bien les a_i (supposés tous différents de zéro) sont en nombre fini, ou bien la *série Σa_i est absolument convergente* quand on suppose les x_i tous distincts.

Cette représentation a l'avantage de mettre en évidence une sorte de *points singuliers fixes de la fonctionnelle* U_f, et de *résidus* correspondants a_i. Pour les déterminer, connaissant U_f, on peut procéder ainsi. Soit $g_{\xi,h}(x)$ une fonction égale à zéro pour $x = 0$, $\xi - h$, $\xi + h$, 1, égale à 1 pour $x = \xi$ et linéaire entre ces points [$g_{0,h}(x)$ étant égale à 1 pour $x = 0$, nulle pour $x = h$, 1; $g_{1,h}$ étant égale à 1 pour $x = 1$, nulle pour $x = 0$, $1 - h$]. La quantité $U\,g_{\xi,h}(x)$ a une limite déterminée quand h tend vers zéro. Cette limite est nulle partout, sauf en un ensemble dénombrable de points qui sont les points x_i, où la limite est a_i.

Quand U_f est donnée sous la forme (1), on peut procéder autrement : les a_i sont les sauts de la fonction α

$$a_i = \alpha(x_i + 0) - \alpha(x_i - 0)$$

$$[a_i = \alpha(+0) - \alpha(0) \quad \text{si} \quad x_i = 0,\ a_i = \alpha(1) - \alpha(1 - 0) \text{ si } x_i = 1].$$

Les x_i sont les points où ce saut n'est pas nul, c'est-à-dire les points où $\alpha(x)$ a une discontinuité non évitable.

III. En se servant de la remarque I, on peut étendre la formule de Riesz à ce que j'ai appelé des fonctionnelles d'ordres entiers.

Par exemple, une fonctionnelle d'ordre *deux* est une fonctionnelle continue telle qu'on ait identiquement

$$U_{f+\varphi+\psi} - U_{f+\varphi} - U_{\varphi+\psi} - U_{\psi+f} + U_f + U_\varphi + U_\psi - U_0 = 0.$$

Toute fonctionnelle homogène d'ordre deux *peut être représentée par la formule*

$$U_f = \int_0^1 f(x)\,d_x \int_0^1 f(y)\,d_y\,u(x, y) \tag{2}$$

(en indiquant par d_x qu'on prend l'intégrale au sens de Stieltjes en faisant varier seulement x). Dans cette formule $u(x, y)$ est une fonction indépendante de $f(x)$ et telle qu'on ait

$$(3) \qquad \left| \sum_{i=1, j=1}^{i=n, j=n} \varepsilon_i \varepsilon'_j \underset{i,j}{\Delta} u(x, y) \right| \leqq M; \qquad u(x, 1) \equiv u(1, y) \equiv 0,$$

M étant un nombre fixe indépendant de la fonction f. La notation Δ désigne l'expression

$$\underset{i,j}{\Delta} u(x, y) \equiv u(x_i, y_j) - u(x_{i-1}, y_j) - u(x_i, y_{j-1}) + u(x_{i-1}, y_{j-1}),$$

avec $0 = x_0 < x_1 \ldots < x_n = 1$, $0 = y_0 < y_1 \ldots < y_p = 1$. La condition (3) doit avoir lieu quel que soit le choix des x_i, y_j en nombre quelconque et quels que soient également les signes des quantités ε_i, ε'_j égales à ± 1.

Réciproquement, si $u(x, y)$ est une fonction quelconque satisfaisant aux conditions (3), le second membre de (2) a un sens et représente une fonctionnelle homogène d'ordre *deux*.

IV. On voit ainsi qu'on pourra mettre toute fonctionnelle d'ordre entier sous une forme plus simple que celle que j'avais d'abord indiquée [1]. Au contraire, la représentation que j'ai donnée des fonctionnelles continues quelconques est plus simple que celle qu'on obtiendrait, si l'on voulait généraliser le résultat précédent (§ III).

PHYSIQUE. — *Le thermophile électrique : tissus, tapis, tricots chauffant par l'électricité.* Note [2] de M. **Herrgott**, présentée par M. d'Arsonval.

La production si facile de la chaleur au moyen du courant électrique a depuis longtemps été appliquée dans quantité d'appareils de chauffage de formes surtout rigides, mais elle a permis également de chauffer des corps souples; aussi un certain nombre d'essais ont été tentés avec succès dans ce sens particulier depuis quelques années.

D'abord des tissus usuels ont été chauffés par l'adjonction d'un conducteur électrique fixé à leur surface par divers moyens; puis des fils de résistances électriques ont été tissés avec des fils d'amiante pour constituer des tissus assez grossiers et former ainsi des rhéostats qui sont ensuite devenus, convenablement disposés, des appareils de chauffage à haute température; enfin un fil plus ténu et de grande résistivité électrique a été enroulé sur une âme souple en amiante pour former un fil électrique chauffant,

---

(1) *Représentation des fonctionnelles continues par une série d'intégrales multiples* (*Comptes rendus* du 1er février 1909).

(2) Présentée dans la séance du 9 mai 1910.

encore trop gros pour être tissé, mais pouvant s'appliquer sur des tissus en leur laissant une certaine souplesse.

Cependant, malgré leur intérêt pour chauffer le corps humain, ces divers essais avaient conservé à ces appareils et à ces tissus des dimensions encore assez restreintes, des formes un peu spéciales et des aspects plutôt rudes qui limitaient l'emploi de chacun d'eux à des cas particuliers. On était bien arrivé à composer des tissus chauffés, mais il restait mieux à faire pour réellement fabriquer des tissus chauffants.

Ce qui caractérise les thermophiles Herrgott, c'est ce fait que c'est au *tissage* même que les fils électrothermiques et textiles sont incorporés dans ces tissus; ils en forment ainsi partie intégrante, de telle façon que les aspects habituels de ces tissus ainsi que leur souplesse sont conservés avec la possibilité de les exécuter en toutes dimensions.

Pour cette fabrication mécanique il fallait d'abord composer le fil à la fois chauffant et textile; les fils électrothermiques thermophiles sont soigneusement fabriqués sur une âme de laine autour de laquelle est enroulé en spirale un assemblage tressé à plat de fils très ténus de *nickel* pur; le tout est enveloppé de fins guipages contrariés de même textile que le tissu à exécuter. Ainsi ces fils sont très souples, ne bouclent pas au tissage et sont aussi bien employés sur les métiers à tisser mécaniques que pour le tricotage à la main; leur conducteur électrique chauffant ne peut être facilement sectionné, étant bien préservé, car ainsi c'est l'âme textile d'un tel fil qui résiste à la traction en le supportant.

Les thermophiles ont leurs chefs et leurs lisières non chauffants, car intentionnellement les fils électrothermiques n'y parviennent pas, afin d'éviter leur usure prématurée par frottements; dans chacune des deux lisières sont enfermés un ou plusieurs fils spéciaux amenant le courant électrique pour alimenter les divers circuits chauffants, un pôle dans chaque lisière afin d'éviter tout court-circuit et toute fausse manipulation.

Les fils de lisières sont placés pendant le tissage ou après le tricotage; les diverses sections de fil électrothermiques, de longueurs prévues par la température à obtenir, y sont reliées de façon que la fin d'un circuit chauffant et le commencement du suivant se trouvent connectés ensemble au même point du même fil de lisière, donc sur le même pôle; de cette manière la différence de potentiel entre deux circuits consécutifs est nulle sans possibilité de court-circuit.

Ce genre de fabrication permet ainsi d'exécuter les thermophiles en toutes dimensions, d'y incorporer autant de circuits qu'il est nécessaire et même ensuite de les couper en longueurs déterminées dans lesquelles on retrouve ce qui est nécessaire au bon fonctionnement.

Cette disposition bien spéciale aux *thermophiles* laisse possibles toutes les combinaisons électriques des divers circuits et par conséquent de chauffage; on peut en effet disposer les fils de lisières pour alimenter les divers circuits en dérivation ou en série à volonté.

Enfin ces tissus sont auto-résistants, c'est-à-dire que les circuits thermophiles sont mis en dérivation directe sous la tension du courant électrique à

utiliser et prévus pour une température déterminée au-dessus de la température ambiante dans laquelle ils sont déployés.

Ce mode particulier de tissage permet de serrer les fils électrothermiques en trame les uns contre les autres, ce qui peut paraître défectueux au premier abord; bien au contraire, il faut remarquer que le fil électrothermique, n'ayant qu'à échauffer une très petite largeur de tissu, n'a besoin de se trouver qu'à une température très peu supérieure à la température uniforme de ce tissu; car ce serait l'inverse si les fils chauffants étaient très espacés. Enfin il est à remarquer que par suite de la grande longueur possible de chaque circuit électrothermique la différence de potentiel entre deux *duites* chauffantes voisines est fort peu élevée et sans danger.

Le nickel pur, uniquement employé dans les thermophiles, est peu oxydable, ce qui permet les applications humides, mais surtout son coefficient de résistance au passage du courant électrique augmente vite avec la température, de sorte qu'il devient son propre régulateur; aussi, après avoir échauffé plus vivement le thermophile au début il entretient ensuite le dégagement de chaleur en dépensant de moins en moins d'énergie électrique.

Dans ces conditions, le rendement de ces tissus thermophiles est des plus élevés, étant donné qu'il s'agit de transformer le courant électrique en chaleur *par contact;* aussi la consommation d'électricité est minime.

Les fils électrothermiques Herrgott sont si souples qu'en laine ils se suffisent à eux-mêmes et peuvent être tricotés en toutes formes, ces *tricots* sont montés comme les tissus thermophiles.

Ils peuvent rendre de grands services au point de vue médical en permettant l'application de températures variant de + 5° à + 150°. Les applications industrielles se révèlent chaque jour, qu'il s'agisse de tissus filtres pour matières grasses ou de toiles sans fin thermophiles et mobiles pour le séchage ou du satinage sous presse.

Les nombreuses applications des *thermophiles* viennent compléter tous les autres modes de chauffage et la thérapeutique y trouvera en particulier une aide puissante.

SPECTROSCOPIE. — *Sur certaines conditions d'apparition du spectre de bandes attribué au cyanogène.* Note de MM. **A. de Gramont** et **M. Drecq**, présentée par M. H. Deslandres.

Au cours de recherches sur les spectres des mélanges de sels fondus nous avons observé, en dehors de toute flamme, de tout produit de combustion, les bandes ordinairement attribuées au cyanogène. Nous les avons obte-

nues par la seule présence du carbonate de sodium exempt de cyanure, soumis sur une lame de platine emboutie, à l'action de l'étincelle très chaude d'un transformateur alimenté par le secteur de la ville, et dont le secondaire contient une capacité de 0,01 microfarad. Cette étincelle suffit, en l'absence de toute source de chaleur, à liquéfier le sel, et son image est projetée sur la fente d'un spectrographe à prisme Rutherfurd avec objectif de chambre achromatique de 40^{cm} de foyer, antérieurement décrit [1]. Voici les longueurs d'ondes des principales arêtes de bandes que nous avons photographiées et mesurées :

Cy n° II.....	4215,5	4196,5	4177,5	4166,0
Cy n° III.....	3883,6	3871,6	3861,9	3855,0

Cette dernière bande n° III (3883,6) est de beaucoup la plus intense et la plus caractéristique. Dès 1888 [2], M. Deslandres l'avait obtenue à la pression ordinaire et avec l'étincelle condensée dans le cyanogène, et la considérait comme faisant partie des spectres de haute température accompagnant les spectres de lignes. D'autre part, Andrews et Tait ont montré que, sous l'influence des étincelles électriques, le cyanogène se dédouble en charbon et en azote. Il semblerait donc résulter des conditions où nous avons opéré, en dehors de tout cyanogène préexistant, que si ce spectre est bien attribuable à la présence simultanée du carbone et de l'azote, il n'implique cependant pas nécessairement la présence du composé cyanogène C^2N^2, dont le rôle dans les expériences antérieures pouvait être simplement de fournir, par sa décomposition, sous l'effet des étincelles, les éléments dissociés C et N nécessaires à l'apparition des bandes que nous signalons. Celles-ci fournissent une réaction spectrale fort sensible du carbone, car la principale (n° III) est facilement visible encore dans des mélanges de chlorure ou de bromure de sodium contenant $\frac{5}{1000}$ de carbone à l'état de carbonate; elle semble disparaître pour $\frac{1}{1000}$ environ. Les deux bandes sont très développées pour des quantités de carbone de l'ordre du centième. Cette apparition des bandes dites du *cyanogène*, sans la présence antérieure de ce composé toxique et dans des conditions où celui-ci est détruit s'il se forme temporairement, apporte une présomption de plus de l'innocuité de la rencontre de la Terre avec les queues cométaires et spécialement avec celle de la comète de Halley où la bande 388 a été observée.

---

(1) A. de Gramont, *Recherches sur les spectres de dissociation* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVII, août 1909).

(2) H. Deslandres, *Spectres de bandes ultraviolets des métalloïdes* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XIX, 1888).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la dimension des éléments matériels projetés par les cathodes des tubes à vide.* Note de M. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai décrit antérieurement [1] un procédé d'étude des projections cathodiques qui m'a permis, dans le cas de l'argent, d'estimer à 10^{μ} environ les dimensions des particules projetées, supposées sphériques. J'ai repris le même problème par une voie toute différente, en étudiant la naissance de la conductibilité électrique dans les dépôts ionoplastiques.

Le dispositif employé consiste à effectuer les projections, dans la cloche à vide, à la surface d'une bande de verre dont les extrémités, platinées et recuites au four électrique, constituent d'excellents contacts; ces extrémités sont reliées, par des conducteurs isolés qui traversent la cloche, aux bornes d'un pont de Wheatstone; on peut ainsi mesurer la résistance au cours de la projection cathodique et sans arrêter cette projection.

J'ai opéré exclusivement sur des dépôts d'argent. Dans tous les cas, j'ai constaté que *la conductibilité ne s'établit qu'à partir d'une certaine épaisseur de la couche métallique;* la pellicule apparaît d'abord comme un voile grisâtre, qui vire au bleu en passant par le rose; elle acquiert un pouvoir réflecteur très accusé; examiné au microscope, avec un grossissement de 1100 diamètres, elle ne montre aucune discontinuité (à part les granulations décrites dans une communication antérieure); pourtant, sa résistance est infinie; mais, si l'on continue à effectuer le dépôt, la conductibilité apparaît brusquement.

Cette observation est favorable à l'hypothèse d'un dépôt effectué par grains séparés; la conductibilité s'établirait alors au moment où les grains en contact formeraient une ligne conductrice entre les prises du courant.

Supposons qu'il se dépose, d'une façon parfaitement uniforme, n particules par seconde et par millimètre carré, ces particules étant sphériques et de diamètre d millimètres; elles se toucheront au bout d'un temps θ tel que

$$n\theta = \frac{1}{d^2}. \tag{1}$$

Si on laisse le dépôt s'effectuer, en régime constant, pendant un temps T, et si l'on mesure (par ioduration) l'épaisseur e millimètres de la couche d'argent déposée, on aura

$$e = n\mathrm{T} \times \frac{1}{6}\pi d^3. \tag{2}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1320.

On tire de ces deux équations

$$d = \frac{6e}{\pi}\frac{\theta}{T}. \tag{3}$$

Deux expériences ont donné les résultats suivants :

θ	$7^m 15^s$	$6^m 45^s$
T	20^m	$20^m 30^s$
e	$38^{\mu\mu}$	$36^{\mu\mu}$

(3) donne alors

d	$26^{\mu\mu}$	$22^{\mu\mu}$

Les valeurs de d fournies par cette méthode sont donc du même ordre de grandeur que celles obtenues antérieurement, de telle sorte que la grosseur, tout à fait inattendue, des éléments projetés se trouve ainsi confirmée. Il faut d'ailleurs remarquer que l'équation (3) donne des valeurs trop petites pour d à cause de l'irrégularité inévitable des dépôts; en tenant compte de cette irrégularité, (3) s'écrit

$$d = \frac{N}{n}\frac{6e}{\pi}\frac{\theta}{T}, \tag{3 bis}$$

où N représente le nombre des particules projetées par seconde et par millimètre carré dans les régions d'épaisseur maximum et n le nombre moyen des particules projetées, dans le même temps et pour la même aire, sur toute la surface.

D'autre part, les dimensions des granules d'argent colloïdal de Bredig sont comprises, d'après Zsigmondy, entre $50^{\mu\mu}$ et $77^{\mu\mu}$, nombre du même ordre que ceux auxquels nous parvenons pour les projections cathodiques. Dans les deux cas, les particules produites résultent d'une désagrégation due à des actions électriques; on peut remarquer, en outre, que les métaux colloïdaux sont négatifs, c'est-à-dire cheminent dans un champ électrique en s'éloignant de la cathode. Cet ensemble d'analogies permet de conclure avec vraisemblance que *les éléments des projections cathodiques ne diffèrent pas essentiellement des granules des métaux colloïdaux*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'effluve sur l'aldéhyde éthylique en présence de l'hydrogène.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Ce travail, commencé il y a plusieurs mois, et qui, d'après nos prévisions, aura une étendue considérable, concerne l'action de l'effluve sur les principaux représentants des types volatils des fonctions organiques. Ce sujet a déjà été abordé par différents savants à des points de vue variés. Hemptinne

a publié dans la *Zeitschrift für Physikalische Chemie* de 1898 le résultat de ses travaux où il a envisagé exclusivement l'étude des produits gazeux formés dans l'action de l'effluve sur un certain nombre de composés organiques. Berthelot, dans la même année, s'est occupé spécialement de la fixation de l'azote sur un grand nombre de composés organiques sous l'action de l'effluve. Enfin, plus récemment, Losanitsch a publié dans les *Berichte* (1909) les résultats d'un travail sur les produits gazeux et condensés résultant de l'action de l'effluve sur un certain nombre de composés organiques gazeux ou volatils; tout au moins, en ce qui concerne les produits condensés, les indications de l'auteur au sujet des procédés de séparation employés montrent que le travail a été fait très sommairement.

Dans notre étude nous entraînons les corps volatils au moyen d'un courant d'hydrogène pur et sec (Zn pur et HCl pur, desséché sur NaOH) en limitant la quantité d'hydrogène au minimum nécessaire pour éviter la rentrée accidentelle d'air dans les appareils; les tubes à effluves spéciaux munis de réservoirs (distance des armatures 3^{mm} à 5^{mm}) actionnés par des transformateurs branchés sur le courant de la ville à 110 volts, nous donnent une effluve nourrie sous potentiel de 12000 à 15000 volts. A la suite des tubes se trouve un réfrigérant tubulaire entouré d'un mélange réfrigérant de glace et de sel, puis un laveur à eau séparé du réfrigérant par une colonne desséchante de $CaCl^2$. Nous nous bornerons dans ce qui suit à l'étude des produits condensés ou dissous dans l'eau, ayant reconnu par des expériences préliminaires que l'étude des produits gazeux des réactions, qui sont très variés, nécessiterait un outillage spécial dont nous ne disposons pas; à notre avis il faudrait, pour cette étude, opérer en vase hermétiquement clos, sans adjuvant de gaz étranger; liquéfier les gaz produits au moyen de l'air liquide et séparer les produits par des moyens physiques et chimiques appropriés. Hors de ces conditions, nous estimons que cette étude sera toujours incomplète et sous cette forme elle a été faite dans la plupart des cas. En ce qui concerne les produits condensés, nous en préparons toujours des quantités importantes de façon à pouvoir nous livrer à une étude approfondie sur leur composition.

Le passage de l'effluve à travers le mélange des vapeurs d'aldéhyde éthylique et d'hydrogène donne lieu à un phénomène très brillant; il est accompagné de la production de lueurs bleu verdâtre du plus bel effet. La production de gaz est abondante en même temps qu'il se condense dans les réservoirs des tubes un liquide jaune rougeâtre fortement acide, d'odeur désagréable qui rappelle celle de la saumure de harengs, et dans le réfrigérant un liquide jaune verdâtre.

C'est sur l'ensemble de ces liquides que porte la séparation. Une expérience pré-

liminaire nous ayant démontré que les arrière-produits s'altéraient fortement à la distillation même sous pression très réduite, en laissant un important résidu charbonneux, nous nous sommes arrêtés au mode opératoire suivant : on distille d'abord le produit dans une large cornue, au bain-marie dont la température est portée progressivement jusqu'à 100°, d'abord à la pression atmosphérique, puis sous le vide en recueillant les distillats dans des mélanges réfrigérants; le résidu de l'évaporation prolongée dans le vide à 100° est un liquide sirupeux rougeâtre, partiellement soluble dans l'eau; la solution aqueuse, évaporée dans le vide sec, laisse un liquide visqueux qui correspond à la composition $C^4H^8O^3$ et possède les propriétés de l'acide β-oxybutyrique; quant au résidu du traitement par l'eau, c'est une masse visqueuse brunâtre dont nous n'avons pas pu tirer parti.

Le produit distillé initial est soumis à des fractionnements répétés à la pression atmosphérique et sous le vide avec des appareils appropriés; la fraction 50°-60° est reconnue comme renfermant une forte proportion d'acétone, identifiée par ses propriétés caractéristiques (odeur, bisulfite, nitroprussiate, formation d'iodoforme); celle de 75° à 85° est un liquide jaune verdâtre qui, à première vue, paraît être un composé défini; mais en rapprochant sa composition élémentaire de son poids moléculaire déduit de sa densité de vapeur, nous avons reconnu qu'il y avait incompatibilité et par suite que nous devions avoir affaire à un mélange de corps aldéhydiques ou cétoniques (combinaison avec le bisulfite). Nous avons été conduits à considérer ce liquide comme un mélange de butanone C^4H^8O (liquide distillant à 80°) et d'une dicétone, d'une butanedione, le biacétyle $C^4H^6O^2$ (liquide jaune verdâtre qui bout vers 88°); car, traité par KOH (qui détruit la butanedione), il passe ensuite incolore à la distillation; rectifié sur $CaCl^2$, il bout vers 80° et présente la composition et les propriétés de la butanone.

Ensuite de 105° à 106° distille un liquide fortement acide qui se sépare partiellement du précédent en deux couches superposées; l'analyse lui attribue la composition de l'acide acétique hydraté à 1^{mol} d'eau $C^2H^4O^2 + H^2O$; nous avons isolé cet acide de son composé sodique et vérifié par les réactions caractéristiques que nous avions bien affaire à de l'acide acétique.

Les fractions distillant plus haut renferment encore d'autres acides, mais en moindre quantité; dans la fraction 135°-145°, nous avons trouvé un acide qui possède toutes les propriétés de l'acide propionique, ainsi qu'un composé cétonique distillant de 140° à 145° que nous n'avons pu identifier faute de quantité suffisante de matière; enfin, dans les arrière-produits fractionnés sous vide se rencontrent encore des acides dont la consistance est visqueuse et des corps cétoniques.

En résumé, dans l'action de l'effluve sur l'aldéhyde éthylique en présence de l'hydrogène, nous n'avons trouvé dans les produits condensés que de l'eau, des acides (acétique et homologues) et des corps cétoniques.

La formation des cétones et dicétones que nous avons identifiées s'explique par un mécanisme très simple :

$$2CH^3CHO = 2H + CO + CH^3COCH^3 \text{ propanone,}$$
$$3CH^3CHO = 4H + 2CO + C^2H^5COCH^3 \text{ butanone,}$$
$$2CH^3CHO = 2H + CH^3CO - COCH^3 \text{ biacétyle, etc.}$$

Celle des acides :

$$2(CH^3CHO) = C^2H^4 + CH^3CO^2H \text{ acide acétique,}$$
$$4(CH^3CHO) = C^2H^4 + 2C^2H^5CO^2H \text{ acide propionique, etc.}$$

Suivant les conditions de l'effluvation, certaines de ces réactions peuvent être prépondérantes. Quant à l'eau formée, elle peut provenir d'une condensation des cétones avec formation d'oxyde de mésityle, phorone et homologues supérieurs, ou d'une destruction plus profonde de la molécule, telle que

$$CH^3CHO = H^2O + C^2H^2 ?$$

(on remarquera qu'il n'y a pas mise en liberté de charbon).

Cette manière d'envisager la formation des produits condensés de l'aldéhyde éthylique sous l'action des effluves est confirmée par la nature des produits gazeux formés : Hemptinne y a trouvé de l'hydrogène (20 pour 100), CO (41 pour 100), CH^4 (39 pour 100). Losanitsch a reconnu en plus la présence de l'éthylène. La formation de méthane s'explique facilement par une décomposition accessoire de l'aldéhyde avec production de corps exclusivement gazeux dans les conditions de l'expérience

$$CH^3CHO = CH^4 + CO.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de nitriles aromatiques.* Note de MM. **F. Bodroux** et **F. Taboury**, présentée par M. Troost.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 531), nous avons montré qu'on peut facilement obtenir les nitriles de formule

$$C^6H^5 - CHR - CN,$$

en faisant agir les éthers simples des alcools gras sur le dérivé monosodé du cyanure de benzyle en dissolution dans l'éther anhydre.

Au sein de ce dissolvant, les nitriles ainsi obtenus réagissent sur l'amidure de sodium avec dégagement d'ammoniac, et les dérivés organo-métalliques formés font double décomposition avec les hydrocarbures gras monohalogénés :

$$C^6H^5 - CHR - CN + Na - NH^2 = NH^3 + C^6H^5 - CNaR - CN,$$
$$C^6H^5 - CNaR - CN + R'X = NaX + C^6H^5 - CR'R - CN.$$

Nous avons préparé avec un rendement de 75 pour 100 environ :

1° Au moyen du phényl-2-butanenitrile et de l'iodure d'éthyle, l'*éthyl-2-phényl-*

2-*butanenitrile*

$$\begin{array}{c} C^2H^5 \\ | \\ CH^3 - CH^2 - C - CH \\ | \\ C^6H^5 \end{array}$$

liquide incolore, bouillant entre 125°,5 et 127° sous 13^{mm}, entre 247° et 249° sous 752^{mm};

$$d_{16,5} = 0,957;$$

2° Au moyen du phényl-2-pentanenitrile et du bromure d'isobutyle, le *propyl-2-phényl-2-méthyl-4-pentanenitrile*

$$\begin{array}{ccccc} & & & C^3H^7 & \\ & & & | & \\ CH^3 - & CH & - CH^2 - & C & - CN \\ & | & & | & \\ & CH^3 & & C^6H^5 & \end{array}$$

liquide incolore, ne distillant pas sans décomposition à la pression ordinaire et passant entre 148° et 150° sous 15^{mm}; $d_{16} = 0,932$.

Ces résultats étant obtenus, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de préparer les nitriles de formule

$$C^6H^5 - CR^2 - CN$$

à partir du cyanure de benzyle en utilisant les réactions suivantes :

$$C^6H^5 - CH^2 - CN + 2Na - NH^2 = 2NH^3 + C^6H^5 - CNa^2 - CN,$$
$$C^6H^5 - CNa^2 - CN + 2R - X \quad = 2NaX + C^6H^5 - CR^2 - CN.$$

L'expérience a répondu affirmativement.

Avec le dérivé disodé du cyanure de benzyle en solution éthérée :

1° L'iodure d'éthyle fournit l'*éthyl-2-phényl-2-butanenitrile* déjà décrit, mais ce composé est accompagné par une substance riche en azote, dont il est trop difficile de le séparer; aussi pour sa préparation la méthode précédemment indiquée est-elle préférable.

2° Le bromure de propyle fournit le *propyl-2-phényl-2-pentanenitrile*

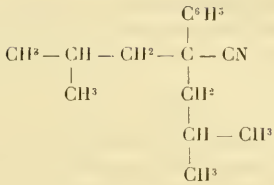
$$\begin{array}{c} C^3H^7 \\ | \\ CH^3 - CH^2 - CH^2 - C - CN \\ | \\ C^6H^5 \end{array}$$

liquide incolore bouillant entre 142°,5 et 145° sous 15^{mm}, entre 268° et 270° sous 758^{mm};

$$d_{14} = 0,940.$$

3° Le bromure d'isobutyle fournit le *méthyl-2²-propyl-2-phényl-2-méthyl-5-pen-*

tanenitrile



liquide incolore, distillant entre 152° et 155° sous 15^{mm}; $d_{13} = 0,931$.

Ces deux derniers composés ont été obtenus avec un rendement de 60 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des hydracides sur les éthers glycidiques.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par A. Haller.

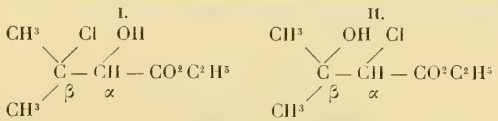
Les éthers glycidiques sont des corps saturés, mais l'existence dans leurs molécules d'une liaison oxydique en position $\alpha\beta$ leur donne une grande activité fonctionnelle; c'est ainsi qu'ils se combinent facilement aux hydracides, aux anhydrides d'acides organiques, à l'ammoniaque, aux hydrazines, etc.

Je me propose d'exposer ici les résultats auxquels je suis parvenu par l'action des hydracides sur les éthers glycidiques substitués de la série grasse dont j'ai donné, il y a déjà quelque temps, une méthode générale de préparation [1].

Lorsqu'on fait réagir à froid l'acide chlorhydrique sec sur une solution éthérée rigoureusement anhydre d'éther $\beta\beta$-diméthylglycidate d'éthyle, on observe une réaction immédiate qui s'accompagne d'un notable dégagement de chaleur.

Après avoir fixé un peu plus d'une molécule de HCl il suffit de chasser l'éther au bain-marie et de soumettre de suite le résidu à la distillation fractionnée dans le vide pour obtenir un liquide bouillant à 95°-100° sous 20^{mm} qui ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline fondant à 28°; par essorage suivi d'une fusion et d'une recristallisation ce point de fusion s'élève à 31°-32°.

Ce produit d'addition est un éther oxychloré de l'acide isovalérianique pouvant avoir l'une des deux formules de constitution suivantes :



Ce que nous savons déjà sur l'action de HCl sur les acides glycidiques

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 1214.

monosubstitués peut, *a priori*, nous faire incliner vers la formule I; mais il m'a semblé nécessaire de démontrer cette formule d'une façon plus certaine; la présence d'un carbone tertiaire pouvant modifier profondément les propriétés de la molécule.

J'ai tout d'abord essayé la déshydratation de mon éther oxychloré. Je n'ai pu y parvenir même avec P^2O^5 en présence de benzène bouillant. Ce résultat négatif donne une grande probabilité à la formule I.

J'ai ensuite préparé par un autre procédé l'éther représenté par la formule II, afin de pouvoir le comparer avec mon éther oxychlorovalérianique. A cet effet, j'ai préparé l'acide α-chlor-β-oxyisovalérianique en fixant, conformément aux indications de Prentice [1], l'acide hypochloreux sur l'acide diméthylacrylique. Cet acide m'a permis d'obtenir par simple éthérification un éther ayant, sans doute possible, la formule II.

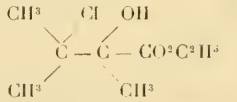
Or, ce corps est tout à fait différent de celui obtenu par l'action de H Cl sur l'acide diméthylglycidique. Il est liquide (point d'ébullition 96°-98° sous 20^{mm}), ne cristallise pas, même par amorçage avec un cristal de mon éther; de plus il se déshydrate facilement.

Je suis donc amené à conclure que l'action de H Cl sur l'éther ββ-diméthylglycidique donne bien l'éther α-oxy-β-chlorisovalérianique.

C'est un corps cristallisé fondant à 31°-32°, distillant à 96°-98° sous 20^{mm}, ayant une odeur désagréable, facilement soluble dans l'alcool et les liquides organiques. Traité par 1^{mol} d'éthylate de sodium en solution dans l'alcool absolu, il régénère de suite l'éther diméthylglycidique. Saponifié même par la quantité théorique de soude, il ne m'a pas été possible de préparer l'acide libre à cause de son peu de stabilité en solution alcaline et sa transformation immédiate en aldéhyde isobutylique.

Dans l'espoir de le transformer en éther diméthylpyruvique, je l'ai traité par la diéthylaniline, mais cette base s'est montrée sans action même à 200°. Ce résultat négatif prouve que dans la série grasse la forme glycidique est plus stable que la forme pyruvique.

L'action de H Cl sur l'éther triméthylglycidique m'a permis de préparer dans les mêmes conditions un éther répondant à la formule



liquide bouillant à 104°-106° sous 21^{mm}.

---

(1) *Liebig's Annalen der Chimie*, t. CCXCII, 1896, p. 272.

Avec l'acide bromhydrique les résultats sont tout à fait comparables; c'est ainsi que j'ai préparé l'éther α-oxy-β-bromisovalérianique fondant à 21°-22° et distillant à 100°-105° sous 18^{mm}.

Dans toutes ces réactions il est très important d'opérer en l'absence de toute trace d'eau si l'on veut éviter la formation d'éthers glycériques qui diminuent les rendements et gênent les purifications.

L'acide iodhydrique donne un résultat tout différent.

Lorsqu'on fait arriver HI anhydre dans une solution éthérée d'éther diméthylglycidique, il y a, dès le début, forte coloration du mélange par suite de la mise en liberté d'iode. Après avoir ajouté 2 HI pour 1^{mol} d'éther on agite avec une solution de SO^3NaH pour fixer l'iode, la solution éthérée est ensuite évaporée et le résidu saponifié par un excès de NaOH alcoolique.

On obtient ainsi un acide solide fondant à 69°,5 que j'ai identifié avec l'acide diméthylacrylique. Il y a donc eu, dans cette expérience, simple réduction conformément à l'équation

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ \quad\diagdown \\ \quad\quad C - CH - CO^2C^3H^5 + 2\,HI = \\ \quad\quad\quad\diagup \\ CH^3 \quad O \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^3 \\ \quad\diagdown \\ \quad\quad C = CH - CO^2C^2H^5 + I^2 + H^2O. \\ \quad\quad\diagup \\ CH^3 \end{array}$$

Cette réaction est générale et permet par suite de transformer un acide glycidique en un acide non saturé en position αβ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouveaux isomères de l'acide stéarolique.* Note de MM. **A. Arnaud** et **S. Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Nous avons montré précédemment [1] que l'acide stéarolique se combine avec 1^{mol} HI pour donner naissance à un mélange de deux isomères monoiodélaïdiques fondant respectivement à 23°-24° et 39°. Le même acide fixe 2^{mol} HI, lorsqu'on fait passer un courant de gaz iodhydrique dans l'acide gras fondu jusqu'à saturation complète. Le produit de la réaction se présente sous forme d'une huile épaisse, très brune, qui peut être décolorée après dissolution dans l'éther par l'acide sulfureux.

Tandis que le dérivé monoiodhydrique fournit par réduction avec le zinc et l'acide acétique de l'acide élaïdique et par traitement avec la potasse

---

[1] *Comptes rendus*, t. CL, p. 1130.

alcoolique bouillante l'acide stéarolique primitif à l'état pur, le dérivé diiodhydrique donne par réduction de l'*acide stéarique* et par décomposition au moyen de la potasse alcoolique un mélange complexe dont nous avons pu isoler en plus de l'acide stéarolique primitif régénéré $T_{9,10}$ (¹) deux nouveaux isomères de cet acide avec triple liaison déplacée d'un carbone à droite et à gauche $T_{8,9}$ et $T_{10,11}$. A côté de ces produits cristallisés, nous y avons trouvé une substance huileuse monoiodée, représentant environ le tiers du poids du mélange et dont il était impossible d'enlever l'iode par la potasse alcoolique, même à 160° (²).

La séparation des isomères stéaroliques présente de grandes difficultés dues à leurs constantes physiques très rapprochées. Si nous y sommes arrivés, c'est surtout grâce à la méthode simple de production des dérivés diiodés d'addition des acides de la série stéarolique que nous avons décrite antérieurement (³) et à la cristallisation fractionnée de ces dérivés.

Acide stéarolique $T_{8,9}$. — Lamelles nacrées à contour de parallélogramme, solubles dans tous les dissolvants des acides gras. Point de fusion 47°,5. L'acide fondu et refigé sur l'eau a un aspect nettement cristallisé, sans qu'il soit cependant possible de discerner les éléments cristallins. L'acide stéarolique ordinaire laisse apparaître, dans les mêmes conditions, de grosses aiguilles prismatiques, réunies en groupements étoilés.

Oxydé par trois fois son poids d'acide azotique (D = 1,52), de façon à éviter la production de l'acide stéaroxylique, il fournit 30 pour 100 environ d'*acide subérique* $C^8H^{14}O^4$, fondant à 140°, ce qui fait placer la triple liaison entre le huitième et le neuvième carbone.

L'acide stéarolique $T_{8,9}$ fixe 2^at^ d'iode en liqueur acétique, en donnant l'*acide diiodo-8.9-élaïdique* $C^{18}H^{32}I^2O^2$: aiguilles blanches, peu solubles dans l'alcool froid et fondant à 67°.

Par dissolution dans l'acide sulfurique concentré et précipitation avec de l'eau, il fournit le *céto-9-stéarique* $C^{18}H^{34}O^3$: lamelles rhombiques, ondant à 74°,5.

Acide stéarolique $T_{10,11}$. Présente absolument le même aspect que son isomère précédemment décrit. Point de fusion 47°. Oxydé par l'acide nitrique dans les conditions indiquées plus haut, il fournit près de 30 pour 100 d'*acide sébacique* $C^{10}H^{18}O^4$, fondant à 130°-130°,5. La triple liaison se trouve donc entre le dixième et le onzième carbone.

(¹) La majuscule grecque T est employée ici comme abréviation du terme *triple liaison* par analogie avec le Δ, proposé par A. v. Bæyer pour désigner une liaison double.

(²) Il s'agit là très probablement d'un mélange des *acides monoiodoléiques* qui se sont formés par rotation de l'un de deux carbones chargés d'acide iodhydrique autour de leur axe commun pendant le traitement à la potasse.

(³) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 220.

Son dérivé diiodé d'addition est l'*acide diiodo-10.11-élaïdique* $C^{18}H^{32}I^2O^2$. Lamelles rectangulaires brillantes, plus facilement solubles dans l'alcool que l'isomère précédent. Point de fusion 45°. L'*acide céto-11-stéarique* $C^{18}H^{34}O^3$ cristallise en lamelles rhombiques, fondant à 73°,5.

Toutes ces propriétés des acides stéaroliques $T_{8,9}$ et $T_{10,11}$ et de leurs dérivés les distinguent nettement de l'acide stéarolique connu et de son isomère naturel, l'acide taririque $T_{6,7}$.

Pour expliquer la formation de deux nouveaux isomères aux dépens du composé diiodhydrique, il est nécessaire d'admettre que les 2^{mol} III se fixent sur la triple liaison de façon à placer les 2^{at} d'iode sur le même carbone, tantôt du côté du carboxyle, tantôt du côté opposé, phénomène que nous avons observé déjà pour les produits d'addition d'une molécule III.

Il en résulte que le dérivé diiodhydrique qu'on soumet au traitement par la potasse alcoolique n'est pas un produit unique, mais un mélange de deux isomères diiodostéariques :

$$(1) \qquad CH^3 - (CH^2)^8 - CI^2 - (CH^2)^7 - COOH$$

et

$$(2) \qquad CH^3 - (CH^2)^7 - CI^2 - (CH^2)^8 - COOH.$$

La potasse alcoolique, pour enlever 2^{mol} III, emprunte 2^{at} d'hydrogène aux groupements CH^2 qui se trouvent dans le voisinage immédiat du carbone iodé, à sa droite et à sa gauche, en donnant naissance, dans le cas de la formule (1), aux acides stéaroliques $T_{8,9}$ et $T_{9,10}$ et dans celui de la formule (2) aux acides $T_{9,10}$ et $T_{10,11}$.

Cette interprétation est corroborée par la possibilité de préparer isolément les deux acides diiodostéariques par saturation avec du gaz iodhydrique de chacun de deux isomères monoiodélaïdiques, mentionnés plus haut. En effet, l'isomère fondant à 23°-24° nous a donné *l'acide diiodo-9-stéarique* [formule (1)] qui, traité par la potasse alcoolique, a fourni un mélange des acides stéaroliques $T_{8,9}$ et $T_{9,10}$. Avec l'isomère fondant à 39°, nous avons préparé *l'acide diiodo-10-stéarique* [formule (2)] dont on a obtenu les acides stéaroliques $T_{9,10}$ et $T_{10,11}$.

De là on déduit pour les isomères monoiodélaïdiques eux-mêmes les formules de constitution

$$CH^3 - (CH^2)^7 - CH = CI - (CH^2)^7 - COOH \qquad \text{(acide fondant à 23°-24°)}$$

et

$$CH^3 - CH^2)^7 - CI = CH - (CH^2)^7 - COOH \qquad \text{(acide fondant à 39°)}.$$

Les considérations que nous venons de développer ne sont pas spéciales à l'acide stéarolique, mais s'appliquent également aux autres acides de la même série. Elles ouvrent la voie à la préparation de nombreux isomères de ces acides si peu accessibles jusqu'à ce jour.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide hexahydrophénylglycolique.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Jules Frezouls**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Cette Communication a pour but de faire connaître l'acide hexahydrophénylglycolique — $C^6H^{11}.CHOH.CO^2H$. Nous avons réussi à obtenir ce nouveau composé en partant de l'aldéhyde hexahydrobenzoïque qui, par union avec l'acide cyanhydrique, fournit le nitrile hexahydrophénylglycolique; ce dernier, par saponification, donne l'acide correspondant.

Les recherches que nous poursuivions en vue de l'obtention de cet acide étaient sur le point d'être terminées, lorsque nous avons eu connaissance d'un récent travail sur le même sujet, publié par MM. Zélinsky et Schwedoff [1]. Nous dirons de suite que nos résultats sont, comme nous le montrerons, différents de ceux obtenus par ces deux chimistes.

L'aldéhyde hexahydrobenzoïque, $C^6H^{11}.CHO$, point de départ de nos recherches, avait été obtenu antérieurement par Bouveault [2], MM. Sabatier et Mailhe [3], M. Zélinsky [4], M. Wallach [5]. Nous avons adopté, pour sa préparation, le mode opératoire généralement usité qui consiste à oxyder par l'acide chromique, à basse température, l'alcool hexahydrobenzoïque, $C^6H^{11}.CH^2OH$, dissous dans l'acide acétique cristallisable; cet alcool était lui-même obtenu en faisant réagir le trioxyméthylène sur le bromure de cyclohexylmagnésium.

En préparant l'aldéhyde hexahydrobenzoïque, nous avons constaté sa facile polymérisation : une trace d'acide le transforme assez rapidement en un produit cristallisé en fines aiguilles, fusibles à 202°-203°, possédant la formule $(C^7H^{12}O)^3$. Ce fait avait été signalé antérieurement par Zélinsky et par Wallach.

Ayant remarqué les écarts existant entre les points de fusion de la semicarbazone de l'aldéhyde hexahydrobenzoïque indiqués successivement par Bouveault (176°), par M. Zélinski (173°-174°), par M. Wallach (167°-168°), nous avons préparé à nouveau cette semicarbazone et nous lui avons trouvé

---

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XLI, 1908, p. 2677.

(2) *Bulletin de la Société chimique*, t. XXIX, p. 1049.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 344.

(4) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XL, 1907, p. 3051.

(5) *Annal. der Chemie*, t. CCCXLVII, p. 333.

comme point de fusion 168°, chiffre qui concorde avec celui donné par Wallach.

Nitrile hexahydrophénylglycolique : $C^6H^{11}.CHOH.CN$. — On obtient ce composé en faisant agir, à la température ordinaire, une solution aqueuse et concentrée de cyanure de potassium (1 partie) sur la combinaison bisulfitique de l'aldéhyde hexahydrobenzoïque. On constate un léger échauffement, tandis qu'apparaît peu à peu une huile légèrement colorée. Au bout d'une heure, la réaction est terminée ; on extrait alors le composé huileux avec l'éther ordinaire ; après lavage à l'eau et dessiccation de la solution éthérée à l'aide du sulfate de sodium anhydre, on distille l'éther, ce qui fournit un résidu liquide constitué par le nitrile hexahydrophénylglycolique. Il est impossible de distiller ce produit; il est d'ailleurs suffisamment pur pour être traité directement.

Hexahydrophénylglycolamide : $C^6H^{11}.CHOH.CONH^2$. — Le nitrile, obtenu précédemment, se transforme lentement en amide hexahydrophénylglycolique au contact de l'acide chlorhydrique concentré. On maintient les deux corps en présence pendant 24 heures, à la température ordinaire, en agitant fréquemment. Le nitrile, qui surnage au début, disparaît lentement; on précipite ensuite par l'eau froide, ce qui provoque l'apparition d'une huile qui ne tarde pas à cristalliser peu à peu; on essore les cristaux qui sont soumis à plusieurs cristallisations dans l'éther ordinaire : l'hexahydrophénylglycolamide est ainsi obtenu dans un grand état de pureté. Analysé, il a fourni des chiffres satisfaisants. (Trouvé, C pour 100 : 61,01; H pour 100 : 9,65; N pour 100 : 9,36. Calculé pour $C^8H^{15}O^2N$, C pour 100 : 61,15; H pour 100 : 9,55; N pour 100 : 8,91.)

L'hexahydrophénylglycolamide se présente sous forme de feuilles nacrées, incolores, fusibles à 155°. Insoluble dans l'eau, il est très soluble dans l'alcool, l'éther ordinaire bouillant, l'acétone.

Acide hexahydrophénylglycolique : $C^6H^{11}.CHOH.CO^2H$. — Le composé amidé, décrit ci-dessus, peut servir à préparer l'acide correspondant : il suffit de le traiter soit par l'acide chlorhydrique concentré à 100°, soit par la potasse aqueuse à l'ébullition. Nous avons remarqué que le rendement en acide était notablement meilleur lorsqu'on employait l'alcali; dans le traitement acide, il se forme toujours une altération du produit avec apparition, en proportion notable, de composés de destruction. Voici comme il convient d'opérer : on maintient à l'ébullition, pendant 2 à 3 heures, une solution de potasse à 10 pour 100 renfermant l'amide en suspension; les cristaux disparaissent peu à peu; on acidifie, après refroidissement, par l'acide sulfurique dilué et l'on extrait à l'éther. La solution éthérée, après évaporation, abandonne un produit solide, qui est purifié par des cristallisations répétées dans l'éther ordinaire ou dans l'acétone. L'analyse élémentaire et le dosage acidimétrique du composé ainsi obtenu lui font attribuer la formule $C^6H^{11}.CHOH.CO^2H$. (Trouvé, C pour 100 : 60,33; 60,42; H pour 100 : 8,97; 9,07. Calculé pour $C^8H^{14}O^3$, C pour 100 : 60,75; H pour 100 : 8,85.) Les sels de sodium et d'argent, analysés également, nous ont fourni les chiffres suivants : Trouvé, Na pour 100 : 12,4; Ag pour 100 : 40,95; théorie, Na pour 100 : 12,77; Ag pour 100 : 40,75.

L'acide hexahydrophénylglycolique se présente sous la forme de belles aiguilles

prismatiques fusibles à 130°-131°, peu solubles dans l'eau ; 100 parties d'eau à 14° dissolvent 0,7 partie d'acide. Il est très soluble au contraire dans l'éther, l'alcool, l'acétone.

Zélinsky et Schwedoff ont décrit sous le nom d'acide hexahydrophénylglycolique un composé fusible à 166°, dont ils ne donnent qu'une seule analyse et qu'ils obtenaient en faisant agir l'acide chlorhydrique à chaud sur le nitrile correspondant. Nous pensons que ces chimistes ont dû avoir entre les mains soit un corps différent de l'acide hexahydrophénylglycolique, soit peut-être un mélange de cet acide et de l'amide. Le composé, obtenu par nous, recristallisé dans plusieurs dissolvants, a toujours fondu au même point 130°-131°.

L'acide hexahydrophénylglycolique, possédant un carbone asymétrique, est susceptible d'être dédoublé en ses isomères actifs; nous avons l'intention d'effectuer ce dédoublement et d'étudier certains dérivés de cet acide qui nous ont paru intéressants.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'acide tartrique dans les matières premières naturelles.* Note de M. C. **Beys**, présentée par M. Gernez.

On sait l'importance économique que comporte un dosage précis de l'acide tartrique dans les composés que fournit, en quantités considérables, l'industrie vinicole. Jusqu'ici, aucune méthode n'est à l'abri de la critique : même le procédé Goldenberg et Géromont, classé pourtant parmi les meilleurs, peut, dans les conditions les plus courantes, comporter parfois des erreurs de plusieurs unités pour 100. La méthode, que je résume ici et qui sera indiquée plus en détail dans un autre recueil, m'a, au contraire, donné, dans les cas les plus variés, des résultats très satisfaisants.

On chauffe 30 minutes, au bain-marie, 1^g-2^g du composé analysé avec son poids d'acide sulfurique dilué au $\frac{1}{20}$. Après refroidissement, on ajoute, peu à peu, 5^{vol} d'alcool, puis 10^{vol} d'éther. Le mélange trouble s'éclaircit rapidement; on filtre et on lave avec le même volume d'éther et d'alcool (à 2 pour 1). Le liquide filtré, qui renferme l'acide tartrique, est neutralisé, à la phénolphtaléine, avec une solution de potasse dans l'alcool à 90°; on ajoute ensuite un excès (5^{cm^3}-10^{cm^3}) de la même solution pour saponifier les éthers tartriques possibles; puis on amène à 38° et, après refroidissement, on décante facilement le liquide A du précipité formé B, très adhérent au récipient.

Le liquide A, acidulé par un fort excès d'acide acétique glacial, précipite le peu d'acide tartrique contenu, à l'état de bitartrate de potassium bien cohérent, qui est filtré et lavé complètement à l'alcool à 96°.

Le précipité B, additionné de 12^{cm^3}-15^{cm^3} d'eau et chauffé à l'eau bouillante, donne une solution homogène et chaude, qui reçoit 5^{cm^3} d'acide acétique glacial. Après 5 minutes d'agitation, on complète (à 3^{mg}-5^{mg} près) la précipitation commencée de bitartrate de potassium, en additionnant d'alcool fort, jusqu'à une proportion de

65 pour 100; celui-ci empêche, de plus, les entraînements d'impuretés salines (malates, pectates, etc.). Le mélange, bien agité, est filtré au bout de 1 heure. On lave à fond le précipité à l'alcool à 65°, puis à 96°, et on le dissout, avec le précipité donné par A, dans l'eau bouillante. Cette solution de sel acide est finalement titrée à la phtaléine, en employant les précautions indiquées pour la méthode Goldenberg et Géromont [1].

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage des trois méthylamines et de l'ammoniaque mélangées.* Note de M. **J. Bertheaume**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Dans des Notes précédentes [2], nous avons montré, M. François et moi, l'imperfection des méthodes appliquées à la séparation quantitative des méthylamines et de l'ammoniaque mélangées. Il nous reste à étudier, dans le même ordre d'idées, le procédé de Bresler [3] pour la séparation, par le chloroforme, du mélange de ces bases en deux groupes et le procédé du même auteur pour le dosage de l'ammoniaque et de la monométhylamine. Enfin, nous proposerons une méthode exacte et complète.

D'après Bresler, en épuisant un mélange sec des chlorhydrates des quatre bases par le chloroforme, on les sépare en deux groupes: d'une part, les chlorhydrates insolubles d'ammoniaque et de monométhylamine; d'autre part, les chlorhydrates solubles de diméthylamine et de triméthylamine. J'ai vérifié la rigoureuse exactitude de ces faits, en traitant par le chloroforme des sels purs et bien desséchés. Le chlorhydrate de monométhylamine avait été préparé par l'acétamide bromé, celui de diméthylamine par la nitrosodiméthylaniline, celui de triméthylamine par la distillation sèche de l'oxyde de tétraméthylammonium. Les chlorhydrates d'ammoniaque et de monométhylamine sont en effet complètement insolubles dans le chloroforme, à condition que celui-ci soit exempt de toute trace d'eau ou d'alcool. Les chlorhydrates de diméthylamine et de triméthylamine s'y dissolvent totalement et avec facilité. Le fait est encore exact, lorsqu'on opère sur des mélanges en proportions connues des chlorhydrates purs. Pour doser, dans la partie insoluble, l'ammoniaque et la monométhylamine, Bresler transforme, après évaporation du dissolvant, leurs chlorhydrates en sulfates qu'il traite par l'alcool bouillant. Le sulfate de monométhylamine doit s'y

---

(1) *Ricerche eseguite nel laboratorio di Chimica agraria della R. Scuola superiore d'Agricultura di Milano*, 1908, p. 121.

(2) Maurice François, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1284. — Jean Bertheaume, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1215, et t. CL, 1910, p. 1063.

(3) Bresler, *D. deut. Zucker*, nos 42 et 43, 1900, p. 1593 et 1627, et *Ann. Ch. anal.*, t. VI, 1901, p. 28.

dissoudre, le sulfate d'ammoniaque rester insoluble. D'après mes expériences, la solubilité extrêmement faible du sulfate de monométhylamine dans l'alcool, qui a été d'ailleurs mise à profit par Duvillier et Buisine [1] pour la séparation de cette base, rend impraticable cette dernière opération.

Nous allons maintenant passer à l'établissement d'un procédé définitif. Pour cela, nous utiliserons d'abord la méthode de séparation en deux groupes par action du chloroforme sur les chlorhydrates. Pour le dosage de l'ammoniaque et de la méthylamine dans la partie insoluble, nous emploierons le procédé de M. François [2].

L'oxyde jaune de mercure, en milieu alcalin, se combine avec l'ammoniaque pour former l'oxyde ammonio-mercurique insoluble, d'où l'on régénère l'ammoniaque pour la doser. La diméthylamine reste seule dans la solution; on l'en retire par distillation. J'ai vérifié par de très nombreux dosages la valeur de cette méthode et constaté son absolue exactitude.

Enfin, pour doser dans la partie soluble, la diméthylamine et la triméthylamine, nous aurons recours à un procédé nouveau, basé sur les propriétés des periodures.

J'ai montré, dans une Note précédente [3], combien était grande l'insolubilité des periodures de ces amines, et en particulier du periodure de triméthylamine. Tandis que le chlorhydrate de diméthylamine cesse de précipiter à 0°, par l'iode ioduré, à partir de la dilution 1 pour 1000; le chlorhydrate de triméthylamine, au contraire, précipite encore en solution au $\frac{1}{50000}$ et même moins. J'ai donc pensé qu'on pourrait, en se tenant dans ces limites, opérer la séparation analytique de ces deux bases. L'expérience a confirmé cette opinion. J'ai vérifié que la triméthylamine, en solution chlorhydrique très étendue ($\frac{1}{50000}$), était totalement précipitée; elle peut être régénérée par distillation puis dosée alcalimétriquement.

D'autre part, la diméthylamine ne précipitant pas pour la dilution indiquée plus haut, on comprend qu'il soit possible de séparer quantitativement les deux bases et de régénérer des eaux mères la diméthylamine. J'ai contrôlé ces faits par une série de dosages sur des mélanges connus de chlorhydrates de diméthylamine et de triméthylamine; les résultats obtenus ont été très satisfaisants. Les erreurs observées ne dépassent pas 1 pour 100, sauf dans les cas extrêmes où l'on cherche à doser une partie de l'une des bases en présence de 100 de l'autre.

Nous résumerons ci-après la marche générale à suivre pour le dosage des trois amines et de l'ammoniaque mélangées, que nous supposerons amenées à l'état de chlorhydrates.

---

(1) E. Duvillier et A. Buisine, *Comptes rendus*, t. LXXXIX, 1879, p. 710.

(2) M. François, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 857.

(3) J. Bertheaume, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1063.

Les chlorhydrates (1^g à 2^g environ), desséchés à 110° dans un tube bouchant à l'émeri, sont pesés exactement. On les dissout dans une petite quantité d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et l'on mélange exactement cette solution avec 20^g au moins de sable quartzeux. Après dessiccation parfaite dans le vide sur l'acide sulfurique, le mélange est introduit rapidement dans une petite allonge en verre, bien sèche, dont la douille est garnie d'un tampon de coton de verre, et lixivié avec du chloroforme chaud, jusqu'à ce qu'on n'observe plus aucun résidu par évaporation de quelques gouttes du dissolvant. Le soluté chloroformique est évaporé à siccité et, le résidu salin étant pesé, on le dissout dans 2000 fois son poids d'eau distillée. On prélève 200^{cm^3} à 300^{cm^3} au plus de cette solution qu'on refroidit à 0° et l'on y ajoute, par 100^{cm^3}, une quantité minima de 30^{cm^3} d'un réactif iodo-ioduré, refroidi également à 0° et ainsi composé :

$$(I : 127 - KI : 150 - H^2O : \text{quantité suffisante pour } 1000^{cm^3}).$$

Après 1 heure de contact à 0°, les cristaux de periodure de triméthylamine sont séparés à la trompe, dans un entonnoir en verre dont la douille est garnie d'un tampon de coton de verre fortement tassé ; on les essore et on les lave avec 4^{cm^3} à 5^{cm^3} d'un mélange froid d'une partie de réactif iodo-ioduré pour trois parties d'eau. On les dissout au moyen d'une solution de sulfite de soude neutre et l'on distille avec de la soude en excès, dans un appareil de Schlœsing. Par un titrage alcalimétrique, en présence de tournesol d'orcine, on obtient la triméthylamine. Les eaux mères de ces cristaux, traitées de la même façon, donneront la diméthylamine. Le résidu insoluble dans le chloroforme est débarrassé de ce dissolvant par dessiccation à l'étuve, puis lixivié à l'eau chaude, jusqu'à ce qu'on n'ait plus aucune réaction avec le réactif de Nessler ou le nitrate d'argent dans les eaux de lavage.

Sur la solution ainsi obtenue, on opère la séparation de l'ammoniaque et de la monométhylamine par la méthode de M. François [1], à l'oxyde jaune de mercure.

BOTANIQUE. — *Études sur la biologie de la truffe mélanospore* (Tuber melanosporum *Vitt.*). Note de M. **G. Boyer**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Malgré de multiples recherches dont je ne ferai pas ici l'historique, le mode de formation de la truffe mélanospore n'est pas encore parfaitement élucidé. L'évolution même du tubercule une fois produit n'a pas été décrite d'une manière précise par les auteurs qui s'en sont occupés tels que : Tulasne (*Fungi hypogæi*), Chatin (*la Truffe*), etc.

En présence de ces lacunes, j'ai résolu de pratiquer des fouilles dans les truffières, et cette étude, poursuivie patiemment depuis plusieurs années

---

[1] M. François, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 857.

dans la Dordogne et spécialement chez le Dr Pradel de Sorges, m'a permis d'apporter quelque clarté dans une étude difficile à plus d'un égard.

J'ai pu notamment déterminer l'époque d'apparition et le mode de développement du tubercule.

J'ai indiqué ailleurs les raisons qui militent en faveur de la production hivernale de *Terfezia Leonis* Tul. (1), et de la formation printanière de *Tuber æstivum* Witt (2). Pour ce qui concerne la truffe mélanospore ou truffe du Périgord, qui nous intéresse plus particulièrement, les jeunes tubercules que j'ai trouvés l'ont toujours été au plus tôt en juillet. Il en apparaît aussi au mois d'août. J'ai eu la bonne fortune de rencontrer le 4 août 1909 une jeune truffe dont le poids total à l'état frais n'atteignait que 5cg. Jamais, à ma connaissance, aussi petite truffe n'avait été signalée. Ce précieux échantillon, ainsi que d'autres un peu plus volumineux trouvés en juillet, août et septembre, m'ont permis de rectifier l'assertion de Tulasne (*Fungi hypogæi*, p. 59) d'après laquelle « les jeunes truffes sont de toutes parts enveloppées d'un feutre parfaitement blanc, très dense, de 1mm à 3mm d'épaisseur, et dont les fils constitutifs se prolongent ou s'étendent çà et là autour du champignon sous la forme de filets déliés ou celle de flocons mal définis » (voir *Pl. III*, *fig.* 2 et *Pl. XIX*, *fig.* 15). Rien de semblable n'existe autour des jeunes truffes que j'ai rencontrées, bien que beaucoup d'entre elles fussent plus petites que celles de Tulasne qui, dit-il, « ne dépassaient guère le volume d'une noix ». La truffe de 5cg que j'ai récoltée est du volume d'un très petit pois. J'ai d'ailleurs pu observer des truffes de toutes les dimensions depuis ce minime volume jusqu'à celui d'une orange.

Les jeunes tubercules recueillis par moi en juillet et en août sont complètement blancs à l'intérieur, mais ils sont revêtus d'un péridium verruqueux. Les verrues déjà noires sont séparées par des dépressions de couleur blanc rougeâtre.

A l'encontre de ce que décrit Tulasne, aucun de ces tubercules ne paraissait à première vue entouré d'une gaine blanche, ni même en adhésion avec aucun mycélium. Toutefois un examen attentif permet d'apercevoir, avec l'aide du microscope, dans les anfractuosités du péridium, quelques minces fragments mycéliens isolés, d'environ 3μ d'épaisseur qui, partant

---

(1) G. Boyer, *Sur une espèce de* Terfezia *récoltée en Tunisie par M. le professeur Devaux* (*P.-V. Soc. Lin. de Bordeaux*, 5 mai 1909).

(2) G. Boyer, *Sur deux espèces de* Morchella *et une espèce de* Tuber (*T. æstivum*) *trouvées au début d'avril* 1909 (*P.-V. Soc. Lin. de Bordeaux*, 21 avril 1909).

de la gleba, semblent se rattacher à des cordons de mycélium eux-mêmes très déliés qui rampent dans le sol.

Certains champignons, les Morilles d'après M. Matruchot (¹), le *Scleroderma verrucosum* Bull. var. *spadiceum* Schœf., d'après mes propres constatations, sont en relation par leur mycélium avec certains mycorhizes des arbres. Il semble bien en être de même pour la truffe et, de fait, les racines des arbres truffiers présentent toujours semblables productions (²) en abondance.

Que deviennent les jeunes truffes une fois formées? De mes recherches il résulte qu'elles grossissent peu à peu pendant la belle saison. Leur développement ne s'arrête qu'aux premiers froids, époque à laquelle la maturité commence à se produire. Il est surtout provoqué par les pluies d'été et d'automne après lesquelles le grossissement rapide des tubercules soulève la terre qui les surmontent. Vienne ensuite un temps sec et chaud et aux mêmes endroits la terre se fend, produisant ce qu'on appelle les *marques*.

Voici un exemple des mensurations que j'ai faites: dimensions d'une truffe suivant deux diamètres, toujours les mêmes, le plus grand et le plus petit: Le 4 septembre 1908: $1^{cm},6$ sur $2^{cm},2$; le 23 octobre: $2^{cm},5$ sur $3^{cm},2$; le 6 décembre: $3^{cm},4$ sur $4^{cm},1$.

A mesure que la maturation se produit, les verrues d'abord peu prononcées, se développent; le péridium s'épaissit et se fonce, la gleba d'abord blanche acquiert des veines grises, puis noires lorsque les spores sont mûres.

D'où viennent les sucs nutritifs qui permettent ce grossissement progressif de la truffe? Le tubercule tire-t-il sa nourriture de la terre fortement agrégée qui l'entoure? Il ne semble pas qu'il en soit ainsi, car ayant à plusieurs reprises déplacé des truffes, j'ai constaté qu'elles ont cessé de croître à partir de ce moment, malgré toutes les précautions que j'ai pu prendre, telles que arrosage immédiat, etc.

En prévision de ce résultat, j'avais eu soin, dans les mensurations que j'ai indiquées précédemment, de ne découvrir que la moitié supérieure des tubercules sans déranger ceux-ci. Il est probable qu'en déplaçant les truffes on brise les fragiles attaches mycéliennes issues des tubérhizes par où elles se nourrissent. Même résultat a été obtenu avec divers champignons,

---

(¹) Matruchot, *Etudes sur la Morille* (journal *La culture des champignons comestibles*, novembre 1909, p. 451).

(²) M. Mattirolo leur donne très justement le nom de *tubérhizes*: voir O. Mattirolo, *I Tartufi*, 1909, p. 13 (*Rev. Accademia d'Agricoltura di Torino*).

Amanites, Russules, etc., qui, déplacées même avec adhésion d'une certaine quantité de terre à leur pied, ont cessé de grossir d'une manière appréciable à partir de leur transplantation.

De mes recherches il résulte que tout tend à prouver que la truffe mélanospore est en relations étroites avec les racines des arbres dits *truffiers*. L'appareil fructifère une fois formé présente une croissance et une maturation lentes, pouvant s'étendre depuis le début de l'été jusqu'à la fin de l'hiver, ce qui différencie la truffe de beaucoup d'autres champignons.

BOTANIQUE. — *Sur les* Strychnos *de l'Asie Orientale*. Note de M. **Paul Dop**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La classification du genre *Strychnos* repose sur la longueur du tube de la fleur. Dans un premier groupe, le tube de la corolle est plus court que le calice ou presque nul (fleurs brévitubes); dans un second groupe, le tube est plus long que le calice, mais inférieur ou égal à la longueur des lobes de la corolle (fleurs intermédiaires); enfin, dans un dernier groupe, le tube de la corolle est plus long que les lobes (fleurs longitubes).

J'étudierai successivement la distribution de ces trois groupes dans l'Asie Orientale continentale d'après les matériaux de l'Herbier du Muséum, dont l'étude m'a été confiée par M. le professeur Lecomte et qui renferme un certain nombre d'espèces nouvelles qui seront décrites dans un prochain travail.

Strychnos *à fleurs brévitubes*. — Dans ce groupe, les formes à ovaire glabre et à ovaire velu se séparent nettement. Les premières, *S. micrantha* Thw., *S. Dalzellii* Clarke, *S. Berthami* Clarke et *S. Rheedei* Clarke, sont localisées dans la péninsule du Deccan et l'île de Ceylan. Les formes à ovaire velu, *S. acuminata* Wall., *S. hypogyna* Clarke, *S. Maingayi* Clarke, habitent, au contraire, le Ténasserim, les îles Andamans et la péninsule Malaise. Il n'y a d'exception que pour *S. colubrina* Linn. qui vit au Deccan et dont l'ovaire n'est d'ailleurs velu que dans sa partie supérieure.

Strychnos *à fleurs intermédiaires*. — Ce groupe est localisé dans la région indochinoise et la péninsule malaise, exception faite du *S. axillaris* Colebr. du Bengale. La Chine ne paraît posséder que deux espèces subtropicales de l'île de Hong-Kong : *S. augustiflora* Benth., et *S. paniculata* Champ. Dans la Cochinchine, ce groupe subtropical a un représentant *S. polyantha* Pierre mss. sp. n. qui ne me paraît être qu'une forme géographique du *S. paniculata* Champ. Par contre, les formes malaises sont fréquentes en Indo-Chine : *S. pubescens* Clarke, *S. laurina* Wall., *S. Ridleyi* King et Gamble. Ces trois espèces, très communes dans la péninsule malaise (King et Gamble, *Mal. Fl. Malayan Peninsula*, t. XIX, 1907) habitent généralement la Co-

chinchine et même les deux premières remontent dans le haut Laos jusqu'au 19e parallèle.

Strychnos *à fleurs longitubes*. — La distribution de ce groupe est plus inégale; *S. potatorum* L. f. habite le Deccan et la Birmanie. *S. Tieuté* Lesch. la Malaisie; mais ces deux formes ne sont pas connues en Indo-Chine. Par contre *S. Nux-vomica* L. existe dans l'Inde, le Ténasserim et l'Indo-Chine. La forme type et la variété *oligosperma* v. n. caractérisée par une baie à 3-4 graines, sont spéciales à la Cochinchine; la variété *grandifolia* v. n. à feuilles très larges et arrondies, souvent pubescentes à la face inférieure sur les nervures, remonte dans le Haut-Laos jusqu'à Luang-Prabang. L'Indo-Chine possède, en outre, d'autres formes très voisines, dérivées peut-être du *S. Nux-vomica* L. Ce sont *S. rupicola* Pierre mss. sp. n., à petites fleurs du Cambodge et *S. Gauthierana* Pierre mss. sp. n., du Tonkin. Cette dernière espèce, voisine du *S. Tieuté* Lesch., qui, par suite sans doute d'une erreur d'échantillon, a été rapportée par Clarke (*Fl. Br. India*, t. IV, 1885) au *S. Malaccensis* Beuth., est au contraire tout à fait distincte. Enfin *S. Wallichiana* Beuth. de l'Assam possède au Laos une forme affine nouvelle, *S. Spireana* sp. n.

Ces quelques faits relatifs à la distribution des *Strychnos* accusent nettement le caractère mixte de la flore d'Indo-Chine composée d'une part d'éléments indiens et chinois et de l'autre d'éléments malais.

Parmi les espèces nouvelles, mais insuffisamment connues, de l'Herbier du Muséum, existe un *S. Thorelii* Pierre mss. sp. n., de Birmanie et de Cochinchine, qui présente un fruit drupacé monosperme à endocarpe ligneux et bivalve alors que le fruit des *Strychnos* est une baie. Ce caractère n'apparaît pas brusquement dans cette espèce, car les fruits de *S. paniculata* Champ. et de *S. putescens* Clarke, offrent aussi un endocarpe dur quoique très mince. D'autre part le *S. Thorelii* est un véritable *Strychnos* par ses feuilles et sa structure, et en particulier par les îlots de liber périmédullaire. Il y a lieu de le considérer simplement comme un intermédiaire entre les Strychnées à baie et les Strychnées à drupe comme les *Couthoria* des îles du Pacifique, de la Nouvelle-Calédonie et des Célèbes, qui ont d'ailleurs la même organisation florale que les *Strychnos*.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Le poids relatif du cœur et l'effet des grandes altitudes. Étude comparative sur deux espèces de Lagopèdes habitant l'une les Hautes-Alpes, l'autre les plaines de la Laponie.* Note de M. **J. Strohl**, transmise par M. Yves Delage.

Le poids relatif du cœur est en rapport direct avec les dépenses énergétiques d'un animal, du moins dans les limites où règne l'homœothermie

(R. Hesse, 1906). Il n'est, par conséquent, nullement étonnant de constater que le cœur des Oiseaux présente en général un poids relativement beaucoup plus que celui des Mammifères (Parrot, 1893).

Ayant rencontré des cœurs particulièrement grands chez des Lagopèdes ou poules de neige, il me semblait permis d'admettre un rapport quelconque avec l'habitat spécial de ces oiseaux. Afin de vérifier si, en effet, l'altitude pouvait être pour quelque chose dans la grandeur du cœur, j'entrepris de comparer entre elles les deux espèces de Lagopèdes habitant l'une la région des Hautes-Alpes (*Lagopus alpinus* ou *Lagopus mutus*), l'autre les plaines septentrionales de notre continent (*Lagopus lagopus* ou *Lagopus albus*). Ces deux espèces ne diffèrent que fort peu entre elles. Le Lagopède des plaines est quelque peu plus grand que celui des hautes montagnes. Quant au squelette, on n'arrive à distinguer les deux espèces que tout juste, grâce au métacarpe et au tarso-métatarse. Leur vie, leur vol, leur cri sont aussi pareils. Le Lagopède des plaines semble toutefois plus vif. Il vole plus loin et plus souvent. De tout cela (grandeur diverse, vivacité plus grande) il a été tenu compte, mais les différences ne sont pas telles qu'elles peuvent entrer sérieusement en ligne de compte. Et si même cela était le cas, ces facteurs ne pourraient avoir de répercussion que sur la grandeur du *cœur entier*, laquelle précisément ne constitue pas le phénomène essentiel, comme nous allons le voir.

Seuls ont été considérés des individus peu endommagés par le plomb ou le piège et ayant, sans exception, un cœur entièrement intact. Les Lagopèdes alpins provenaient tous d'une hauteur de 2000^{m}-3000^{m}; ceux de la plaine étaient originaires d'un endroit en Laponie situé à environ 600^{m}. La préparation et la dissection du cœur ont été faites méticuleusement. J'enlevai successivement les vaisseaux cardiaques, les valvules, la graisse de la région atrioventriculaire, puis les proventricules; enfin, avec des soins particuliers, je détachai le ventricule droit et le septum, obtenant ainsi comme reste le ventricule gauche. Proventricules, ventricules et septum furent débarrassés de tout sang coagulé, puis pesés ensemble et séparément. Afin de trouver le rapport existant entre la masse du cœur et celle du corps, j'établissais les valeurs pour 1000 du cœur et de ses parties par rapport au poids du corps, soit tant et tant de parts de cœur ou de ventricule sur 1000 parts de corps. On calcule d'une façon analogue la valeur des deux ventricules par rapport au cœur entier, et enfin celle du ventricule droit par rapport au ventricule gauche.

Les chiffres ainsi obtenus nous montrent d'abord nettement une augmentation de la masse totale du cœur chez l'espèce habitant les Hautes-Alpes. En effet le poids relatif du cœur est *en moyenne* de 11,08 pour 1000 dans la plaine, 16,30 pour 1000 dans les Hautes-Alpes. Il y aurait donc chez le

Lagopède alpin par rapport au Lagopède des plaines une *hypertrophie fonctionnelle du cœur*. Cette augmentation de masse n'est toutefois pas répartie d'une façon égale sur toutes les parties du cœur. L'hypertrophie est asymétrique en ce sens qu'elle est beaucoup plus forte chez le ventricule gauche. L'augmentation du ventricule droit dans les Hautes-Alpes dépasse celle du ventricule gauche en moyenne de $\frac{7}{10}$, soit de près du double, et en certains cas extrêmes même de plus de trois fois [1]. La valeur du ventricule droit dans la plaine et dans les hautes montagnes peut être représentée par les chiffres suivants qui constituent une moyenne :

$$0,347 : 0,562.$$

En un cas extrême, ce rapport a été de

$$0,260 : 0,700.$$

A n'en pas douter l'augmentation du petit ventricule ou ventricule droit est beaucoup plus marquée que celle du grand ventricule gauche.

La raison de cette *hypertrophie dextroventriculaire* ne peut être cherchée que dans une résistance plus grande rencontrée par le sang dans la circulation pulmonaire. Rappelons d'abord qu'un phénomène analogue a été constaté par Grober (1907 et 1908) qui a comparé entre eux des lièvres domestiques et des lièvres sauvages, des canards domestiques et des canards sauvages. Les deux fois, l'espèce sauvage présentait une hypertrophie dextroventriculaire par rapport à l'espèce domestique. Pour les lièvres, Grober a admis comme cause une espèce d'emphysème pulmonaire, un gonflement d'air dans les tissus du poumon résultant d'un travail musculaire plus grand et constituant une augmentation de résistance dans la circulation pulmonaire. Cette explication paraissait à Grober inapplicable aux Oiseaux, vu le manque d'élasticité de leurs poumons. Soum (1896) ayant toutefois démontré que l'élasticité du poumon des Oiseaux n'est nullement négligeable, il semble permis d'étendre aux canards l'explication trouvée bonne pour les Mammifères.

On pourrait, à première vue, alléguer la même cause pour expliquer l'hypertrophie constatée chez les Lagopèdes des Hautes-Alpes, le terrain escarpé devant entraîner un travail musculaire plus intense. Mais cette

---

[1] Voir pour plus de détails mon Mémoire paraissant sous peu dans le premier fascicule du premier Volume de la partie physiologique des *Zoologische Jahrbücher* publiés par le professeur J.-W. Spengel.

explication ne paraît aucunement satisfaisante. En effet, les Lagopèdes des hautes montagnes se meuvent plutôt moins que ceux des plaines et en tout cas se tiennent dans des districts relativement restreints. Tout pousse à chercher la cause du phénomène cardiaque dans la circonstance qui représente la différence essentielle entre les deux espèces, c'est-à-dire le séjour à une altitude sensiblement différente. En ce cas toutefois, la théorie basée sur un prétendu manque d'oxygène n'expliquerait rien du tout; car, même en admettant que ce manque soit compensé par un passage plus fréquent du sang dans le poumon, l'augmentation de travail qui s'ensuivrait pour le cœur serait générale, s'étendrait à la circulation entière et par cela même concernerait le ventricule gauche au même degré que le ventricule droit. L'explication la plus plausible devra plutôt être celle d'un *effet mécanique de la diminution de la pression barométrique*. Celle-ci, selon la théorie développée par Kronecker (1903), entraîne tout juste une espèce de stagnation du sang dans les capillaires pulmonaires et réclame donc une force plus grande pour le seul courant pulmonaire, soit une augmentation de travail du ventricule droit.

Il s'agirait donc d'une hypertrophie compensatrice, pour la distinguer de l'hypertrophie de travail. Cette hypertrophie dextro-ventriculaire compensatrice apparaît comme une adaptation spécifique au séjour dans la haute montagne. Comme telle, elle semble même devoir être un caractère acquis par sélection naturelle et transmis par voie d'hérédité; en effet, un tout jeune Lagopède provenant d'une altitude de 3000^{m} la présentait au même degré déjà que les adultes, tandis que le poids relatif du cœur entier correspondait encore à celui des Lagopèdes de la plaine. L'augmentation du cœur entier, son hypertrophie générale serait, par conséquent, un caractère acquis seulement au cours de la vie individuelle et se distinguerait en cela aussi de l'hypertrophie de l'altitude.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Décomposition du chloroforme dans l'organisme.* Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Dastre.

Dans une série de travaux publiés en 1906-1907 et réunis en un volume paru en 1908 [1], j'ai rapporté un certain nombre de recherches relatives

[1] Maurice Nicloux. *Les anesthésiques généraux au point de vue chimico-physiologique.* 1 vol. 213 p., 30 fig.; 1908. Paris. O. Doin, éditeur.

à l'étude des anesthésiques généraux, considérée au point de vue chimico-physiologique.

Un des points qui ressort nettement de l'ensemble de ces recherches, c'est le fait de l'imprégnation profonde de tous les tissus par l'anesthésique. Le chloroforme obéit à cette loi générale, et ainsi il y a lieu de se demander si cette fixation par les tissus n'est que temporaire, si le chloroforme, qui produit au moment de l'anesthésie tous les phénomènes que l'on sait, est éliminé en totalité par la suite, s'il ne fait que *passer*, en définitive, dans l'organisme; ou si, au contraire, il subit au sein de ces mêmes tissus une décomposition plus ou moins grande. C'est cette étude dont j'apporte aujourd'hui les résultats.

Principe des expériences. — Dans un vase clos, en l'espèce une grande cloche de verre de 35^{l}, et où se trouve un animal (chien), on fait circuler de l'air chargé de vapeur de chloroforme, de manière à obtenir une anesthésie de 30 minutes environ, puis de l'air pur. On détermine la *quantité totale* de chloroforme qui *entre* dans la cloche et la *quantité totale* de chloroforme qui en *sort* (¹). La comparaison des deux nombres permet d'être immédiatement fixé sur le sort du chloroforme dans l'organisme.

Une seconde méthode consiste à faire ingérer une quantité connue de chloroforme sous forme d'eau chloroformée, puis à placer l'animal dans le même appareil, en vue de déterminer la quantité totale de chloroforme éliminé. La comparaison de ces deux quantités permet de calculer la proportion décomposée.

Le principe de ces expériences est, on le voit, extrêmement simple. Sa réalisation présente toutefois une réelle difficulté. Il faut, en effet, faire circuler autour de l'animal (chien de 3^{kg} à $5^{kg},500$) un volume d'air considérable, 80^{l} à 100^{l} à l'heure pour que sa respiration ne soit nullement troublée, mais de ce fait le chloroforme rejeté par le poumon se trouve dilué dans des volumes d'air relativement énormes, si bien qu'à la fin de l'élimination, sa proportion n'atteint que quelques milligrammes par 100^{l} d'air. Le problème se trouve donc ramené *à arrêter et à doser la vapeur de chloroforme dans l'air quelle que soit sa dilution, cet air circulant dans les appareils absorbants avec un débit de* 80^{l} *à* 100^{l} *à l'heure.* Voici comment j'y suis parvenu.

(¹) Il est nécessaire, tout naturellement, de laisser l'animal dans la cloche aussi longtemps qu'il n'élimine plus de chloroforme. Ce temps est variable avec les animaux, il est de 36 heures environ et peut s'élever à 48 heures. L'urine est recueillie et le chloroforme dosé; la quantité éliminée par cette voie est d'ailleurs absolument négligeable.

Les gaz provenant de la cloche, appelés par une trompe, circulent d'abord dans un barboteur, genre Villiers (simplement destiné à se rendre compte du débit), puis de là dans un tube de verre de 1^{m} de long, de 3^{cm} de diamètre, tenu verticalement et rempli de billes de verre de 3^{mm} à 5^{mm} de diamètre. L'air chargé de vapeur de chloroforme circule de haut en bas, tandis que de l'alcool à 90°-95° ne cesse de couler de la partie supérieure sur les billes de verre (1). Dans ces conditions, tout le chloroforme est retenu et se retrouve entièrement dans l'alcool collecté à la partie inférieure du tube-colonne, où il est facile de le doser par les méthodes que j'ai fait connaître (2).

Les expériences de contrôle, au nombre de 11, ont démontré que l'appareil fonctionnant *à blanc* (sans animal) on retrouve avec une différence minime, nulle ou de l'ordre d'erreur de l'expérience elle-même, la quantité de chloroforme vaporisé qui a varié de $0^{g},010$ à 5^{g}.

Ce problème résolu, rien n'était plus facile que de poursuivre les expériences dans les conditions énoncées plus haut. En voici les résultats :

Chloroforme introduit dans l'organisme par respiration.

Numéros des expériences.	Poids de l'animal.	Quantité de chloroforme vaporisé.	Quantité de chloroforme retrouvé.	Quantité de chloroforme disparu.	Quantité de chloroforme disparu par kilogramme du poids de l'animal.
	kg	g	g	g	g
I.....	4,5	5,620	5,122	0,498	0,111
II.....	3,7	4,630	4,239	0,391	0,105
III....	5,5	5,340	4,712	0,628	0,113
IV....	4,3	4,550	4,110	0,440	0,102
V.....	4,6	4,750	4,301	0,449	0,098
VI....	4,15	4,720	4,263	0,457	0,110

Ainsi donc il résulte de l'examen de ce Tableau qu'une proportion notable de chloroforme disparaît; elle a été décomposée dans l'organisme.

Pour établir le pourcentage de cette décomposition, il ne faut pas naturellement comparer la quantité disparue à la quantité vaporisée (une grande partie de chloroforme ne faisant que circuler autour de l'animal sans être respiré par lui), mais bien à la quantité réellement fixée par l'animal. Or, de mes expériences antérieures, on peut déduire que cette quantité est

(1) Le principe de cette circulation inverse est bien connu (tour de Glover, colonne de Gay-Lussac); Hanriot et Ch. Richet dans leurs travaux sur les échanges respiratoires, Maurice Billy (*Soc. chim.*, 4e série, t. III, 1908, p. 758) ont fait connaître des appareils basés également sur le même principe.

(2) Voir *Les anesthésiques généraux*..., *loc. cit.*, p. 1 et suiv.

de $0^g,2$ environ par kilogramme de poids vif. Le Tableau ci-dessus indique une quantité de $0^g,100$ à $0^g,110$; c'est donc 50 à 55 pour 100 du chloroforme fixé au moment de l'anesthésie qui est décomposé dans l'organisme.

Les expériences sur l'ingestion du chloroforme où toutes les données pour calculer la proportion décomposée sont fournies par l'expérience elle-même permettent de formuler les mêmes conclusions; en effet, la quantité de chloroforme décomposé par kilogramme de poids vif a varié entre $0^g,097$ et $0^g,105$, et la proportion decomposée entre 42,8 et 61,8 pour 100.

D'où la conclusion générale suivante : chez le chien, au cours de l'anesthésie et pendant la période de retour, le chloroforme fixé par le sang et par les tissus est décomposé dans une proportion d'environ 50 pour 100.

ZOOLOGIE. — *Sur les Crevettes du genre* Saron *à mâles dimorphes.* Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. Bouvier.

Les Crevettes du genre *Saron* Thalwitz ont été pendant longtemps représentées par les deux formes, *Hippolyte marmoratus* et *H. gibbérosus* H. M.-Edwards, espèces indo-pacifiques à très vaste dispersion, dont les femelles sont identiques. En 1898, Borradaile, contre la plupart des auteurs, émit nettement l'idée qu'il s'agissait d'une espèce unique à mâles dimorphes. Depuis, de Man a séparé une seconde espèce, *S. neglectus*, qui explique les prétendues variations relevées dans certains caractères de la première.

En étudiant ces diverses formes sur des matériaux des collections du Muséum, j'ai pu arriver aux conclusions suivantes :

1° *S. marmoratus* et *gibberosus* sont une seule et même espèce. La forme *gibberosus* comprend toutes les femelles et la majorité des mâles. Quelques-uns de ces derniers, toujours très adultes, atteignent à la forme *marmoratus* par une exagération telle de leurs pattes-mâchoires et des pinces de la première paire, que la longueur de ces appendices devient deux fois et demi plus grande et leur poids décuple, *à taille égale des spécimens*. La différence d'aspect est telle qu'il existe certainement très peu d'exemples comparables [1].

En outre, on rencontre des mâles dont les appendices sont exagérés à tous les degrés intermédiaires. On assiste en particulier à l'espacement graduel, à la raréfaction, à la disparition des épines distales des pattes-mâchoires, d'une façon qui ne peut laisser aucun doute sur l'identité spécifique des spécimens étudiés.

2° *S. neglectus* de Man montre des faits identiques comme direction et inten-

[1] Peut-être celui de *Talorchestia Deshayesi*, d'après Barrois, mais dans lequel il s'agit du passage du jeune à l'adulte, et non de différences entre adultes.

sité, mais portant uniquement sur les pinces de la première paire; les pattes-mâchoires restent toujours identiques.

Les cas actuellement rangés sous le nom de *dimorphisme des mâles* ne sont pas comparables entre eux exactement, ni à celui des *Saron*. Chez les *Inachus*, de beaucoup les mieux étudiés à ce point de vue par Geoffrey Smith, on trouve, parmi les mâles mûrs, des spécimens « low » et « high », les pinces de ces derniers étant relativement plus volumineuses. En outre, des mâles moyens, à qui la nécessité d'accroître leur taille, en passant de la première à la deuxième catégorie, impose un semi-hermaphrodisme (glandes génitales réduites, pinces de ♀). J'ai signalé les cas des *Eurypodius* et du *Palemon lar*, le premier au moins très analogue. Les *Cambarus* (Faxon), le *Pandalus annulicornis* (Wollebæk) possèdent ou non des caractères sexuels secondaires, suivant l'état d'activité ou de repos génital. Je laisse de côté les exemples tirés des Tanaïdés, et des Insectes tels que les Lucanes, où le dimorphisme est « définitif » et non plus « facultatif » (G. Smith).

Or, l'examen des glandes génitales des *Saron* mâles accentue encore l'originalité de leur cas : tous les grands spécimens, dont les appendices sont le plus démesurés, ont des testicules notablement plus réduits que les mâles *gibberosus* ou très faiblement *marmoratus*. Il semble que la tendance au gigantisme des appendices, freinée pendant la période d'activité sexuelle, n'ait pu pleinement se manifester qu'au déclin de cette activité, chez les vieux mâles dont les glandes sont en voie d'atrophie. Ce serait un caractère de sénilité.

Quelle que soit l'explication de ce fait, il est un rapprochement qui s'impose : c'est la très proche parenté des Hippolytidæ tels que *Saron*, *Nauticaris*, *Alope*, avec les Alpheidæ inférieurs tels qu'*Athanas*, *Betæus æquimanus*. Les ressemblances sont telles [1], en particulier le gigantisme des pinces de la

---

[1] L'une des ressemblances les plus curieuses est la présence de pleurons articulés sur le sixième pléosomite, vestige probable du même pléosomite dédoublé chez les Lophogastridés. *Nauticaris* et *Saron* d'une part, *Athanas*, quelques *Betæus* et *Alpheopsis* d'autre part, en sont les seuls exemples connus. Quant aux yeux des Alphéidés, abrités sous la carapace, il faut en chercher l'équivalent très loin aussi : les larves d'Euphausidæ ont leurs yeux ainsi protégés sous l'avancée du bord frontal, et les *Apus* les ont enfermés dans une cavité entièrement close, sauf un minuscule canal s'ouvrant au dehors. Le stylamblis des Pléopodes est un exemple d'une survivance aussi capricieuse : toute disposition réalisée une fois paraît ne plus pouvoir disparaître, et resurgir comme au hasard d'une combinaison de chiffres.

première paire, poussé très graduellement jusqu'à un degré extrême, chez les Alpheidæ, que ceux-ci constituent la suite naturelle et comme l'épanouissement des Hippolytidæ. Et si l'on suppose qu'à un moment de leur *histoire* les Crevettes eucyphotes aient pu ne pas comporter d'Alpheidæ, le mécanisme qu'on surprend à l'œuvre chez les *Saron* actuels permettrait de comprendre la différenciation de cette famille.

On peut trouver des traces d'une semblable *céphalisation* dans la plupart des familles d'Eucyphotes (*Leander* et *Palemon*, *Coralliocaris* et *Pontonia*). A mon sens, ces Macroures, groupe parallèle à celui du reste des Décapodes, mais de bien moindre envergure, ont subi ou subissent, en raccourci et pour leur propre compte, la tendance générale qui a dirigé l'évolution des Décapodes, depuis les Pénéides nageurs à abdomen volumineux, jusqu'aux Homards marcheurs et jusqu'aux Crabes. L'explication valable pour les rapports phylétiques entre *Saron* et Alpheidés apparaît ainsi comme susceptible d'une grande généralisation.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique.* Note de MM. **L. Nègre** et **J. Bridré**, présentée par M. E. Roux.

I. Dans une première Note [1] nous avons montré l'existence, dans le sérum des animaux atteints de lymphangite épizootique, d'une sensibilisatrice qui dévie le complément aussi bien en présence d'une levure de raisin qu'en présence du parasite spécifique.

Nous avons recommencé les mêmes expériences en nous servant, comme antigène, de levure de bière (culture sur gélose sucrée, émulsionnée dans l'eau physiologique) et en suivant le protocole que nous avons donné dans notre précédente Note.

Les résultats ont été les mêmes qu'avec la levure de raisin ou le cryptocoque.

Nous avons ensuite complété ces expériences en examinant l'action du sérum d'animal à lymphangite épizootique sur la *Leishmania infantum* (parasite dont on a voulu rapprocher celui de la lymphangite épizootique) et sur un autre protozoaire, le *Trypanosoma vespertilionis*. L'antigène était constitué par des cultures des protozoaires en milieu Novy-Neal-Nicolle

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 18 avril 1910.

(liquide de condensation de la culture dilué par moitié dans l'eau physiologique).

Même réaction avec le sérum normal.

Toujours même protocole. Nous avons fait des tubes témoins avec le cryptocoque comme antigène.

Résultats. — Il y a déviation dans les tubes témoins (antigène cryptocoque et sérum de lymphangite) et hémolyse dans les autres tubes.

La sensibilisatrice du sérum des animaux à lymphangite épizootique ne manifeste pas son action en présence de protozoaires tels que *Leishmania infantum* et *Trypanosoma vespertylionis*.

II. Nous avons enfin tenté une contre-épreuve des expériences précédentes en faisant agir sur les différents antigènes, levure de bière, levure de raisin et cryptocoque, un sérum anti-levure, en l'espèce, sérum de lapin, ayant reçu à plusieurs reprises, sous la peau et dans le péritoine, de la levure de bière.

Les expériences ont été répétées avec un sérum normal de lapin, et en suivant toujours le même protocole.

Résultats. — Dans toutes les expériences faites avec le sérum anti-levure de bière, que l'antigène soit la levure de bière, la levure de raisin ou le cryptocoque, les résultats sont les mêmes : déviation du complément dans les tubes renfermant le sérum anti-levure et les différents antigènes, hémolyse dans les tubes témoins.

Avec le sérum normal, hémolyse partout.

Il ressort de cette série d'expériences :

1° Que la sensibilisatrice d'un sérum d'animal préparé avec la levure de bière n'est pas rigoureusement spécifique pour cette levure; qu'elle manifeste également son action sur une autre levure telle qu'une levure de raisin;

2° Qu'un sérum anti-levure dévie le complément aussi bien en présence du parasite de la lymphangite épizootique qu'en présence des levures.

Conclusions générales. — Puisque : 1° *le sérum d'animal à lymphangite épizootique* dévie le complément en présence des levures comme en présence du cryptocoque; et que ce sérum ne dévie pas le complément en présence d'autres microbes ou en présence de protozoaires; 2° qu'un *sérum anti-levure* dévie le complément aussi bien en présence d'une levure autre que celle qui a servi à le produire qu'en présence de celle-ci; et que ce même sérum dévie le complément en présence du parasite de la lymphangite épizootique comme en présence des levures; il résulte que, dans ces diverses expériences, le *sérum d'animal à lymphangite épizootique se comporte comme un sérum anti-levure, et le parasite de la lymphangite épizootique comme une levure.*

Ces faits expérimentaux semblent, sinon démontrer du moins étayer fortement l'hypothèse de la nature blastomycétienne du parasite de la lymphangite épizootique [1].

MICROBIOLOGIE. — *Détermination des acides volatils dans les produits de fermentation de quelques microbes d'après la méthode de Duclaux.* Note de M. G. Seliber, présentée par M. E. Roux.

Au cours de recherches sur des produits de cultures microbiennes, nous avons été amené à faire la détermination des acides volatils dans les fermentations des microbes anaérobies suivants : *b. butyricus*, *b. perfringens* et *b. putrificus*.

La fonction fermentative d'un microorganisme étant un de ses caractères essentiels, il y a lieu de se poser la question de savoir si la composition des matières élaborées n'est pas caractéristique pour tel ou tel microbe et si cette propriété ne peut pas être utilisée pour la différenciation de certains microbes.

Nous nous sommes proposé de résoudre cette question en utilisant la méthode si pratique enseignée par Duclaux.

Nous avons employé la technique suivante : les cultures ont été faites dans des ballons à long col de 150^{cm^3} de capacité; après avoir rempli les ballons avec de la solution nutritive, on ajoute de l'eau distillée dans le haut col du ballon, de manière à obtenir les conditions de vie anaérobie. Comme milieu de culture, nous nous sommes servi du milieu nutritif suivant [2] : petit-lait, 1^l; glucose, 15^g; peptone Chapoteaut, 10^g; gélatine, 3^g, auquel on ajoutait du carbonate de calcium; un certain nombre de cultures cependant en furent exemptes.

La détermination des acides par la méthode Duclaux [3] était faite après 3 à 7 jours d'étuve à 37°, sur le quart des volumes des cultures, en neutralisant à l'eau de chaux les acides distillés, le tournesol servant d'indicateur.

Les chiffres du Tableau ci-dessous expriment les rapports entre les quantités d'acides volatils contenus dans les 10, 20, 30, 40, ... premiers centimètres cubes

---

[1] Nous adressons nos vifs remerciments à MM. Trouette et Roig qui nous ont fourni la plus grande partie du matériel de nos expériences et à M. Ch. Nicolle qui a bien voulu nous envoyer des cultures de *Leishmania* et de *Trypanosoma*.

[2] Cohendy, *Comptes rendus Soc. biol.*, t. LVIII, 1er sem., 1906, p. 559.

[3] Duclaux, *Traité de Microbiologie*, t. III, p. 384.

qui passent à la distillation et la quantité totale distillée avec 100^{cm^3}. Ces rapports vous serviront à déterminer la mesure et la qualité des acides volatils libérés par comparaison avec les chiffres trouvés dans les Tableaux obtenus par Duclaux avec des solutions d'acides connus.

Citons quelques résultats parmi de nombreuses expériences.

Cultures de bac. butyricus sans CO^3Ca.

I.

Volumes distillés	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
Rapports trouvés	31,1	40,5	49,6	58,7	67,5	76,6	86,8	100
Rapports calculés	29,4	39,0	48,8	57,7	67,3	77	»	»

correspondant à 1 p. de $C^4H^8O^2 + 3$ p. de $C^2H^4O^2$.

II.

Rapports trouvés	33,4	41,4	52,3	61,3	69,6	78,3	87,6	100
Rapports calculés	31,4	41,3	50,8	60,2	69,4	78,8	»	»

correspondant à 1 p. de $C^4H^8O^2 + 2$ p. de $C^2H^4O^2$.

Cultures de bac. butyricus avec CO^3Ca.

I.

Volumes distillés	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
Rapports trouvés	37,3	48,8	58,0	67,1	76,5	83,2	91,0	100
Rapports calculés	37,8	48,8	58,6	67,8	76,0	84,2	»	»

correspondant à $1\frac{1}{2}$ p. de $C^4H^8O^2 + 1$ p. de $C^2H^4O^2$.

II.

Rapports trouvés	38,8	50,5	60,6	69,1	78,1	85,4	92,4	100
Rapports calculés	39,5	50,8	60,7	69,8	78,0	85,6	»	»

correspondant à 2 p. de $C^4H^8O^2 + 1$ p. de $C^2H^4O^2$.

Bac. perfringens sans CO^3Ca.

Rapports trouvés	20,3	27,0	35,3	44,6	54,0	65,3	80,3	100
Rapports calculés	20,5	28,2	36,5	45,6	55,4	67,0	81,2	100

Bac. perfringens avec CO^3Ca.

Rapports trouvés	22,5	30,9	39,6	48 3	57,0	67,7	80,6	100
Rapports calculés	20,5	28,2	36,5	45,6	55,4	67,0	81,2	100

correspondant à 2 parties de $CH^2O^2 + 1$ partie de $C^2H^4O^2$.

Bac. putrificus sans CO^3Ca.

Rapports trouvés.....	29,0	37,0	44,4	53,0	62,9	72,2	83,9	100
Rapports calculés.....	26,8	35,3	43,2	52,2	61,2	71,3	83,6	100

Bac. putrificus avec CO^3Ca.

Rapports trouvés.....	33,0	41,3	48,3	58,8	67,2	76,1	86,2	100
Rapports calculés.....	33,4	42,0	50,2	58,5	66,9	76,0	86,4	100

Ces rapports montrent que si les conditions de culture restent les mêmes, la nature des acides formés ne change pas sensiblement pour la même espèce :

Le *b. butyricus* produit les acides butyrique et acétique;

Le *b. perfringens*, les acides acétique et formique; dans quelques cultures de ce bacille l'acide acétique s'est trouvé présent en plus grande quantité; il y avait également de l'acide propionique;

Pour le *b. putrificus* il est difficile de préciser la nature des acides volatils, une odeur spécifique signale la présence d'acides gras supérieurs, mais les rapports trouvés constituent encore un caractère essentiel du microorganisme.

En employant un autre milieu de culture (peptoné et glucosé) nous avons obtenu, en présence de carbonate de calcium, pour le *b. butyricus* et le *b. perfringens*, des chiffres concordant avec les rapports déjà trouvés et comparables, pour la fermentation butyrique, aux chiffres obtenus par Duclaux [1] et Grimbert [2]. Si l'on cultive le *b. butyricus* dans ce même milieu, sans carbonate de calcium, la quantité d'acide butyrique diminue sensiblement et l'on obtient des chiffres qui ne sont plus caractéristiques.

Le *b. perfringens*, placé habituellement dans le groupe butyrique, ne nous a pas donné d'acide butyrique dans le milieu sucré ordinaire, mais toujours cet acide s'est trouvé présent dans les milieux nutritifs contenant de la caséine.

Il ressort de nos résultats que la nature des acides volatils peut, dans certains cas, servir à caractériser un microbe, mais pour mettre en évidence ce caractère, les cultures doivent être faites dans un milieu approprié et

---

(1) Duclaux, *Ann. de Chimie et de Physique*, 6e série, t. VIII, 1886, p. 551.

(2) Grimbert, *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. VII, 1893, p. 365.

bien défini. C'est ainsi que certaines espèces exigent la présence de carbonate de calcium (*b. butyricus*); pour d'autres (*b. perfringens*) on doit éliminer certaines matières albuminoïdes telle que la caséine, les produits élaborés aux dépens de ces matières pouvant influencer diversement les résultats.

Nous n'avons travaillé qu'avec un échantillon de chaque espèce et nous ne prétendons pas tirer de ces résultats des conséquences trop générales, ils semblent cependant présenter un intérêt digne d'être signalé. Pour le *b. butyricus*, en particulier, nous avons obtenu dans un grand nombre d'expériences des chiffres toujours concordants qui plaident fortement en faveur de l'emploi de la méthode de Duclaux dans les recherches des propriétés biochimiques des microbes.

GÉOLOGIE. — *Sur le poids atomique moyen de l'écorce silicatée terrestre.* Note de M. L. **De Launay**.

J'ai cherché autrefois à montrer, par des considérations de métallogénie, que la distribution des atomes s'était opérée dans la Terre, encore fluide, de manière à leur attribuer une place d'autant plus éloignée du centre que ces atomes étaient plus légers (¹). On peut trouver une confirmation intéressante de cette loi sur un point particulier dans la loi de Rosenbusch, établie par une méthode toute différente et relative au nombre des atomes métalliques compris dans un même poids d'une roche ignée quelconque.

On sait que M. Rosenbusch a traduit un très grand nombre d'analyses de roches en cherchant, d'abord le nombre de molécules, puis celui d'atomes métalliques correspondant à chacune d'elles. Pour avoir le nombre moléculaire de la silice, il divise le chiffre représentatif de la teneur en silice, 30 pour 100 par exemple, par le poids moléculaire de la silice, 60, et multiplie par 100 pour éliminer les décimales, soit 50; 50 représente également le nombre des atomes de silicium. Un poids moléculaire de 20 pour l'alumine Al^2O^3 correspond à 40^{at} d'aluminium. C'est en additionnant les nombres ainsi obtenus qu'il a trouvé, approximativement, un nombre constant de 185 pour les atomes métalliques et de 150 pour les molécules d'une roche quelconque.

Or on peut se proposer d'en déduire le poids atomique moyen des métaux

(¹) *Comptes rendus*, 14 mars 1904.

engagés dans les roches, ou le poids moléculaire moyen de leurs combinaisons oxydées.

Dans le premier cas, on doit remarquer que la méthode de calcul adoptée consiste à éliminer l'oxygène, à envisager seulement les métaux qui se sont oxydés. Le nombre 183 des atomes trouvés ne correspond donc pas au poids total de la roche, mais à ce poids diminué de la teneur moyenne en oxygène qui, déterminée par de nombreuses analyses, est de 47,1 pour 100. Si l'on veut obtenir le poids atomique moyen du métal oxydé, il faut donc diviser $52,9 \times 100$ par le nombre constant des atomes métalliques, ou 183. On trouve ainsi 28,9.

La loi de Rosenbusch peut donc se traduire en disant que l'oxydation première dont résulte la croûte silicatée, sur laquelle portent toutes nos observations, s'est faite sur un magma métallique dont le poids atomique moyen était à peu près de 28,9.

Remarquons maintenant combien ce poids atomique moyen est voisin de celui du silicium (28,4), un peu supérieur seulement. On peut donc considérer le silicium comme ayant été l'élément représentatif de cette zone où a eu lieu la scorification. Celle-ci s'est opérée sur les éléments d'une zone ainsi caractérisée par la silice et par les éléments de poids atomique analogue : zone où d'autres métaux provenant d'une profondeur plus grande, et par conséquent plus denses, s'étaient diffusés de manière que le poids atomique moyen de l'ensemble fût encore celui qui convenait à cette position dans la planète. Nous avions déjà fait observer autrefois combien sont rapprochés les uns des autres les poids atomiques des principaux corps formant cette scorie silicatée : le sodium (23), le magnésium (24), l'aluminium (27), le silicium (28), ce dernier étant le plus élevé. Ainsi se sont constitués les deux magmas fondamentaux : l'un de silicate alumino-magnésien, l'autre de silicate alumino-sodique. On s'explique maintenant comment d'autres métaux plus denses, tels que le fer, le calcium, le potassium, ont pu y être introduits. Chacun d'eux s'est trouvé équilibré par un accroissement simultané des plus légers, de telle sorte que le poids atomique moyen restât encore le même, très légèrement augmenté seulement par l'addition de ces métaux plus lourds. C'est sur cet ensemble si remarquablement équilibré que s'est opérée l'action de l'oxygène appartenant à une zone plus éloignée du centre. Le poids moléculaire de la scorie formée, calculé par la même méthode, est de 66,66 : moyenne entre les poids moléculaires de la silice et de l'oxyde ferreux (60 et 72).

Il faut d'ailleurs noter que les roches sur lesquelles peuvent porter nos

recherches ont bien des chances pour avoir subi au moins deux ou trois refusions, dans lesquelles ont dû s'introduire, par endomorphose, des éléments empruntés aux terrains sédimentaires qu'elles traversent souvent, en sorte que nous ne connaissons peut-être nulle part la scorie première, à laquelle devrait s'appliquer notre théorie. Les sédiments ayant eux-mêmes commencé par se former aux dépens des roches cristallines, il existe, entre l'un et l'autre groupe, une certaine analogie moyenne de composition, en sorte que le magma cristallin prédominant a pu continuer à imposer sa forme d'équilibre; c'est pourquoi la loi demeure approximativement vérifiée. Cependant on conçoit que des phénomènes de ce genre aient pu, dans une certaine mesure, influer sur la proportion des éléments concourant à cet équilibre. Par exemple, la proportion de soude a pu se trouver diminuée, par suite de l'entraînement constant qui a eu sans cesse pour effet d'entraîner les sels solubles de sodium vers la mer et d'accroître la teneur de celle-ci en sodium aux dépens des continents. La teneur en magnésium a pu être réduite pour la même cause. Par contre la proportion relative de chaux et de fer a pu, en raison des mêmes dissolutions qui les épargnaient davantage, se trouver finalement accrue.

GÉOLOGIE. — *Distribution des niveaux et des facies dans le Nummulitique dit* autochtone *de la Suisse orientale.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Henri Douvillé.

Tous les faits observés dans le flysch dit *autochtone* de la Suisse centrale et orientale nous ont amené à cette conclusion qu'il y fallait distinguer deux séries de couches : une série normale, seule autochtone, et une série renversée appartenant au flanc médian de la nappe helvétique la plus profonde, les deux séries ayant un noyau synclinal, oligocène, commun. Nous devons donc examiner séparément ces deux séries, si nous voulons essayer d'embrasser d'une vue synthétique ce Nummulitique, et d'y distinguer les grandes zones de sédimentation dues à la transgression graduelle des niveaux et aux changements correspondants de facies; nous arrivons alors à des conclusions curieuses et fort intéressantes pour la remise en place des nappes.

Dans l'autochtone véritable, nous distinguons les zones suivantes de l'Ouest à l'Est :

1° Une zone dans laquelle le Priabonien est transgressif, comprenant des couches à

Cerithium diaboli, puis des grès à *N. Fabiani* et des calcaires à Orthophragmines; cette zone m'est connue depuis la Gemmi jusqu'au Seewli See, et s'étend probablement jusque dans le Brunnithal, à partir duquel elle disparaît sous les nappes.

2° Une zone dans laquelle l'Auversien est transgressif, et représenté par un grès calcaire, un peu schisteux, à patine fauve, à gros grains de quartz ressortant en saillie à la surface des bancs, qu'on trouve dans le flanc renversé du synclinal de la Windgälle, et qui contient *Num. striatus* et *Orth. discus;* c'est un facies très voisin de celui du grès du Hohgant. Cette zone longe la précédente au Sud-Est, et occupe la région des Windgälles et des Clarides.

3° Une zone où le Lutétien est transgressif, mais peu épais, et constitué par des calcaires et des grès, parfois glauconieux et à grandes Nummulites (*N. complanatus, aturicus*). Cette zone apparaît aussi au sud-est de la précédente, dans la région du Kistenpass, mais ses limites avec la suivante sont encore mal déterminées.

4° Une zone dans laquelle tout le Mésonummulitique est schisteux; le Lutétien est très puissant, et représenté par une grande série de schistes où s'intercalent des bancs calcaires lenticulaires à grandes Nummulites; cette zone est connue avec certitude depuis le Calfeuserthal jusqu'à Ragaz.

En résumé, nous rencontrons, dans le Nummulitique autochtone de la Suisse orientale, *la même succession de zones* que nous avons trouvée dans toutes les Alpes suisses *transversalement* à la direction de la chaîne, et que nous avons constatée aussi, *dans le sens longitudinal*, le long du front de la nappe du Wildhorn [1]: Priabonien transgressif à l'extrémité sud-occidental de cette nappe, puis Auversien transgressif avec les grès du Hohgant, puis Lutétien transgressif à partir de la Grosse Emme, Lutétien schisteux enfin dans la région de Sarnen et surtout dans le canton de Schwytz. *Ce sont les mêmes zones qu'on retrouve dans l'autochtone, mais avec un retard considérable vers l'Est;* ce retard atteint environ 100^{km} pour la zone de l'Auversien transgressif, 80^{km} pour celle du Lutétien transgressif, 70^{km} pour celle du Lutétien schisteux. Mais il résulte de ce retard vers l'Est que si nous reportons la nappe du Wildhorn dans sa position primitive, au sud du massif de l'Aare, c'est-à-dire au sud-ouest de l'autochtone de la Suisse orientale, les zones de facies de l'autochtone et de la nappe, étant dirigées SW-NE, viendront se placer sur le prolongement direct les unes des autres.

Cherchons maintenant comment peut s'intercaler, dans cet ensemble, le flanc renversé nummulitique qui existe sous les nappes helvétiques, et

---

[1] Un seul facies ne suit pas cette loi de l'obliquité des zones de facies par rapport aux zones tectoniques: les grès de Taveyannaz restent constamment liés à l'autochtone ou à la nappe helvétique inférieure Diablerets-Glaris.

comment ses facies viennent s'encadrer entre ceux de l'autochtone et ceux des nappes.

Pour le remettre en place, nous devons le faire pivoter autour d'un axe suivant le bord méridional du massif de l'Aare et situé sur le prolongement de la charnière du Panixer-Pass; il vient alors se placer sur le bord méridional du massif de l'Aare, au sud de l'autochtone, mais au nord des nappes. Et les faits sont tels que la région du Joch-Pass se trouve à peu près sur le prolongement de la région du Schimberg, où les facies sont à peu près les mêmes : Lutétien gréso-calcaire relativement peu épais, puis Auversien représenté par des schistes gréseux ([1]). D'autre part la partie de ce flanc renversé située entre le Surenen et Ragaz, où le Lutétien est schisteux et très épais, vient se placer sur le trajet de la zone de facies semblables Sarnen-Schwyz, qui va rejoindre l'autochtone de Ragaz.

Cette parfaite concordance entre nos conclusions stratigraphiques et les données de la tectonique, qui nous permet de faire, par la remise en place des terrains charriés, une harmonieuse synthèse touchant la distribution des facies et la reconstitution des principales zones sédimentaires, me paraît l'argument le plus fort en faveur de nos méthodes de paléontologie stratigraphique.

GÉOLOGIE. — *La craie de Blois.* Note de M. **Marius Filliozat**, présentée par M. Henri Douvillé.

J'ai fait ressortir précédemment ([2]) les grandes affinités paléontologiques que présentait la craie de Blois et Chaumont avec les assises supérieures de Vendôme à *Marsupites testudinarius*. A Blois, les couches crétacées subissent une transformation pétrographique si complète que tous les géologues ont

---

([1]) C'est précisément dans ce flanc renversé, entre le Joch-Pass et le Surenen, qu'on peut observer le passage latéral des schistes gréseux fauves, auversiens, équivalent des Pectinitenschiefer de Kauffmann, au facies Wildflysch. A la Fürrenalp et au Surenen-Pass, ces schistes gréseux sont encore reconnaissables sous le Lutétien renversé, mais leur habitus est différent : ils sont contournés, broyés, les bancs de grès qui y sont intercalés sont étirés et tordus; plus à l'Est, à partir du Schächenthal, ils sont fondus dans la masse des schistes variés qui séparent le Lutétien des grès de Taveyannaz.

([2]) *Comptes rendus des séances de la Société géologique de France*, 8 novembre 1909, p. 132.

cru y voir l'équivalent du Campanien inférieur de l'Aquitaine. La présence à Chaumont d'un *Micraster*, rapporté par M. Lambert au *Micraster regularis* Arnaud, paraissait même, au premier abord, être un motif suffisamment concluant pour justifier cette parallélisation (¹).

Depuis ma communication à la Société géologique de France, j'ai suivi les travaux pour le creusement d'un puits, dans la propriété de Boisprieur, à 2^{km} de Blois, sur la rive droite de la Loire, en face précisément des affleurements du champ de tir militaire, d'où provenaient la plupart des espèces que j'ai signalées l'année dernière.

J'ai pu ainsi relever la coupe suivante, qui m'a permis de déterminer très exactement la position de la craie de Blois :

1° Craie blanche, fine et traçante à *Onychocella cypræa*, *Coscinopleura vindocinensis*, *Rosseliana crassa*, *Unicytis falcata* : 15^{m};

2° Craie micacée à *Onychocella nerei* : 1^{m};

3° Craie blanche, assez dure à *Rhynchonella vespertilio* : $1^{m},50$;

4° Lit à *Micraster turonensis*, *Onychocella nerei*, *Rhagasostoma ægon* : 3^{m};

5° Calcaire dur spathique, à *Callianassa*, *Valdemunitella grandis*, *Rhagasostoma Grossouvrei*.

La couche 1° correspond à l'assise à *Marsupites testudinarius;* les couches 2°, 3° et 4° représentent l'assise à *Onychocella nerei*, et la couche 5° l'assise à *Crania ignabergensis*.

La correspondance des assises abyssales de Blois avec les assises subpélagiques de Vendôme et Villedieu se trouve ainsi nettement établie. Il n'est pas prouvé, dès lors, que les communications des bassins de Paris et d'Aquitaine aient persisté à l'époque campanienne.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements orogéniques anciens dans le Haut-Atlas marocain.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Pierre Termier.

La tectonique de l'Atlas marocain a excité déjà la curiosité d'un certain nombre de géologues parmi lesquels Maw, J. Thomson, Oskar Lenz, Blanckenhorn, Theobald Fischer, Brives, Paul Lemoine.

(¹) La présence du *Micraster regularis* dans la craie de Blois est une nouvelle preuve, à l'appui de celles données par M. de Grossouvre (*Recherches sur la Craie supérieure*, t. I, p. 16-22), que les Échinides ne peuvent être des guides bien sûrs pour l'établissement des synchronismes, surtout à grande distance.

J'ai, lors de mon premier voyage au Maroc, en 1905, recueilli sur la structure du Haut-Atlas occidental d'intéressants documents qu'une exploration récente m'a permis de compléter; je me propose de soumettre à l'Académie les conclusions que je crois pouvoir en tirer.

Les plissements les plus anciens de l'Atlas remontent peut-être à la fin du Silurien. Les vestiges d'une *chaîne calédonienne*, en effet, sembleraient résulter de certains faits, notamment de la présence fréquente d'un conglomérat de base au début du Dévonien; mais ces données, trop incertaines et insuffisantes, méritent d'être corroborées par de nouvelles observations.

La *chaîne hercynienne* a, par contre, laissé des traces manifestes. Depuis le col des Bibaoun, on constate partout, dans l'est, que le Silurien, le Dévonien et le Carbonifère inférieur (Dinantien) ont pris part à un important mouvement orogénique.

J'ai observé, entre Demnat et la plaine de Haskoura, la *superposition discordante* des dépôts arénacés du Permien sur le Dinantien à *Productus pustulosus* Phil.; et les schistes de la Zaouïa de Moulaï Ibrahim, dans lesquels j'ai découvert une faune à *Chonetes papilionacea* Phil.; *Orthothetes crenistria* Phil., sont également recouverts en *discordance angulaire* par des poudingues ou grès rouges permiens; tandis que la série paléozoïque antérieure à ces conglomérats n'a été intéressée que par les dernières manifestations orogéniques de la chaîne primaire, dont les principaux mouvements sont ainsi compris entre la fin du Dinantien et un niveau permien encore à préciser.

Quoi qu'il en soit, il est permis de conclure que la chaîne hercynienne, dans le Maroc méridional, est contemporaine de la grande chaîne carbonifère de l'Europe occidentale et centrale.

Les plis primaires ont, dans la partie occidentale de l'Atlas, une direction NNE-SSW, déjà signalée par Thomson dans les Djebilet et dans les premiers contreforts de la haute chaîne. Dans l'Est, au delà du col de Telouet, ils prennent une direction NW-SE et, dans l'intervalle, dans la haute vallée du Draa, ils sont voisins de la méridienne; de sorte que les différents faisceaux de ces Altaïdes ont un point de convergence dans la région encore inexplorée des djebel Bou Ourioul et Tidili.

Cette partie inconnue de l'Atlas offrira sans doute un vif intérêt par sa tectonique et par un métamorphisme intense des terrains paléozoïques, métamorphisme que j'ai constaté sur le revers méridional de la haute chaîne, et qui semble très probable dans les régions élevées, si j'en juge d'après les matériaux pétrographiques que j'ai recueillis dans le thalweg des vallées qui en descendent.

Enfin il me paraît intéressant de faire remarquer que les plis de la chaîne carbonifère sont, en général, *déversés vers le sud*, c'est-à-dire vers le sud-est dans sa branche occidentale, vers le sud-ouest dans sa partie orientale.

Après sa surrection, la chaîne hercynienne a été arasée, transformée en une *pénéplaine qui a recouvert l'emplacement actuel du Haut-Atlas et toute la Meseta marocaine*. Cette pénéplaine a subi de profondes modifications dans la région axiale de la chaîne actuelle, mais elle est parfaitement conservée au sud de l'Atlas dans le plateau des Aït Khzama. Au nord, elle apparaît dans les Oulad Saïd et les Madkra (Chaouïa), dans le pays des Zaër.

Les dépôts permiens essentiellement détritiques, parfois torrentiels, ont été formés sous un climat tropical avec les matériaux provenant du démantèlement de la chaîne carbonifère; et il est impossible d'admettre qu'ils ont pris part à ses grands mouvements orogéniques. D'ailleurs j'ai montré que dans la Meseta marocaine la pénéplaine est recouverte par les dépôts horizontaux du Trias supérieur et du Rhétien, ce qui fait remonter sa genèse au plus tôt au Trias moyen. Il est vraisemblable qu'elle était déjà formée avant le début des Temps secondaires.

La formation de la pénéplaine primaire a été suivie du morcellement de la chaîne hercynienne, concomitant de puissantes éruptions volcaniques de trachytes, d'andésites, de basaltes qui, commencées au Permien, ont pu se prolonger durant l'époque triasique ; il paraît intéressant de remarquer que ces éruptions ont atteint leur maximum dans la région de convergence des plis carbonifères.

Le morcellement de la chaîne carbonifère a intéressé seulement l'emplacement actuel du Haut-Atlas qui a été envahi par les mers jurassiques dont les dépôts d'abord néritiques accusent ensuite une formation bathyale. Puis, par suite d'un mouvement ou d'un simple gauchissement, ces terrains secondaires ont été émergés tout au début du Crétacé et complètement arasés sur l'espace de plus de 120^{km} compris entre le col des Bibaoun et le col de Telouet.

L'îlot ainsi émergé, que je désignerai sous le nom de *Massif central du Haut-Atlas*, a été entouré, au moins sur la plus grande partie de sa périphérie, par les mers du Crétacé inférieur qui ont laissé sur la plus grande partie de son pourtour des dépôts arénacés parfois littoraux, souvent lagunaires. Il faut se porter à l'extrémité occidentale ou au nord-ouest de la grande chaîne pour retrouver les formations néritiques avec tendances bathyales dans lesquelles (Ida ou Tanan) j'ai retrouvé les riches faunes à Céphalopodes déterminées par M. W. Kilian.

Il semble bien que ces faunes marquent le bord méridional du géosynclinal qui entourait, à l'ouest, la Meseta marocaine pour aller se relier, au nord, avec le géosynclinal dinarique dont les traces (*Cénomanien*, *Sénonien*) sont indiscutables dans la région de Tanger où elles établissent la liaison avec les dépôts similaires du Tell algérien.

La transgression cénomanienne a recouvert la première ébauche de l'Atlas tandis qu'à partir du Turonien les mers crétacées sont en régression.

M. **Rodolphe Soreau** adresse une Note intitulée : *La poussée sur la surface portante des aéroplanes.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. **Alexandre Sée** adresse une Note intitulée : *Formules de la poussée des hélices propulsives.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. **Albert Nodon** adresse des *Observations astrophysiques et météorologiques au Sahara.*

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MAI 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** rend compte en ces termes de la dernière session de la Réunion internationale des Académies :

Messieurs,

Vous nous avez chargés, le général Bassot, M. Baillaud et moi, de vous représenter à l'Assemblée générale trisannuelle de l'Association internationale des Académies. Pour la période 1908-1910, l'Académie directrice est l'Académie de Lincei ; la réunion a donc eu lieu à Rome le 9 mai sous la présidence de M. Blaserna, président de l'Académie de Lincei.

C'est le 16 avril 1901 que s'est réunie pour la première fois à Paris, sous la présidence de M. Darboux, l'Association des Académies ; elle vient ainsi d'entrer dans sa dixième année d'existence, et l'on peut chercher à caractériser les différents modes sous lesquels s'exerce actuellement son activité, en prenant des exemples se rapportant aux travaux de cette année.

L'Association s'intéresse tout d'abord directement à certaines entreprises scientifiques d'un caractère international, son action s'exerçant par l'intermédiaire de Commissions permanentes, nommées par elle et choisies parmi les membres des Académies associées ou les savants que recommandent des compétences particulières ; c'est ainsi que la Commission du magnétisme terrestre est en relations suivies avec l'Institution Carnegie, qui a fait construire un navire destiné à des mesures magnétiques sur la surface des océans. M. Mascart, qui faisait partie de cette Commission, vient d'être remplacé par notre confrère le commandant Guyou. Pour prendre un autre exemple, une Commission relative à la nomenclature lunaire est

chargée de faire dans trois ans des propositions sur cette question assez complexe. M. Baillaud a été nommé dans cette Commission à la place de M. Lœwy.

Dans d'autres cas, l'action de l'Association est plus indirecte. Elle donne, avec ses conseils, son patronage à d'importantes entreprises d'un caractère général qui ont sollicité son approbation, les recommandant ainsi à l'attention des Gouvernements ou de Sociétés particulières. Pour être moins directe, cette seconde forme n'est pas moins importante et montre l'influence de l'Association, qui joue ainsi le rôle de grand Conseil scientifique.

Parfois, enfin, l'Association doit jouer un rôle diplomatique, recommandant aux Gouvernements la création ou la modification d'organismes internationaux. C'est ce qui est arrivé cette année dans la question de la lutte contre les maladies des plantes cultivées, où ont été envisagées des modifications à faire aux statuts de l'Institut International d'Agriculture, créé il y a quelques années sur l'initiative du roi d'Italie.

Parmi les conclusions votées la semaine dernière, je signalerai encore le patronage accordé au Comité international pour la publication des constantes physico-chimiques, et l'approbation donnée aux dispositions prises par la Société Helvétique des Sciences naturelles relativement à la publication des Œuvres d'Euler. Notre Académie s'était, dans les derniers mois, tout particulièrement intéressée à ces deux entreprises.

Je n'ai pas à parler ici des travaux spéciaux à la section littéraire, comme une édition du Mahâbhârata et une Encyclopédie de l'Islam. Dans un ordre d'idées commun aux sections littéraire et scientifique, l'Association continue à préparer la publication des manuscrits de Leibniz; je dois aussi mentionner l'admission de la Société Helvétique des Sciences naturelles parmi les Académies associées, qui sont maintenant au nombre de vingt, dont trois pour notre pays.

Cette première décade a montré combien la pensée des fondateurs de l'Association Internationale des Académies avait été heureuse, et c'est justice de rappeler ici que notre Secrétaire perpétuel, M. Darboux, fut un des ouvriers de la première heure. Ce groupement international est assuré de vivre, et son influence continuera à grandir.

Quelques modifications dans le règlement ont été proposées et adoptées. Seule une question importante n'a pas été tranchée, et son examen a été renvoyé à chacune des Académies associées : il s'agit des legs à recevoir par l'Association. Malgré l'avis de la Commission, la majorité a pensé qu'il

y avait là des points de droit très délicats, à l'étude desquels nous n'étions pas suffisamment préparés. Certains fonds de roulement sont évidemment nécessaires pour l'administration, d'ailleurs très simple, de l'Association; mais est-il souhaitable que l'Association puisse recevoir des legs? On peut différer là-dessus d'opinion, et, pour ma part, je serais tenté de voir dans ces richesses futures une source de difficultés. Les Académies associées constituent, semble-t-il, un pouvoir spirituel plutôt que temporel, conseillant plutôt que dirigeant.

Je dois, en terminant, remercier l'Académie de Lincei de son aimable hospitalité et des réceptions charmantes qu'elle nous a ménagées. Les délégués conserveront aussi un respectueux souvenir du gracieux accueil qu'ils ont reçu de leurs Majestés le Roi et la Reine d'Italie, et de sa Majesté la Reine Marguerite.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Influence des comètes sur l'atmosphère terrestre d'après la théorie cathodique.* Note de M. **H. Deslandres** [1].

L'année 1910 est riche en belles comètes; dans ses quatre premiers mois, elle en a eu deux visibles à l'œil nu : la comète de Innes, qui a brillé en janvier, et la comète de Halley. Cette dernière offre un intérêt exceptionnel, à cause de son passage prochain sur le disque du Soleil, et de la rencontre annoncée de sa queue et de la Terre.

D'ailleurs, le grand éclat de ces deux comètes a coïncidé avec des troubles atmosphériques, avec des orages, et chutes de pluie prolongées, ou même avec des inondations; et une croyance populaire, très répandue, attribue ces phénomènes terrestres à la comète elle-même. On sait que, aux âges antérieurs, les comètes ont été considérées comme ayant l'influence la plus pernicieuse, et on les a chargées de tous les méfaits. L'exagération a été manifeste; mais il est permis de penser que la comète et sa queue peuvent avoir une certaine action sur l'atmosphère terrestre. Cette idée n'est pas absurde, et même elle est digne d'être examinée; car l'une des théories cométaires actuellement la plus en faveur parmi les astronomes, implique une influence directe de la comète sur la condensation des vapeurs et la chute de pluie dans notre atmosphère.

---

[1] Cette Note a été présentée dans la séance du 17 mai.

La théorie en question est la théorie dite *cathodique*, qui fait intervenir un rayonnement cathodique ou même un rayonnement corpusculaire, de vitesse plus grande, analogue au rayonnement β du radium, et émané du Soleil. Elle a été suggérée, en 1881, par Goldstein pour expliquer la relation entre les taches du Soleil et le magnétisme terrestre, puis reprise et développée simultanément, en 1896, d'une part par Birkeland, comme étant la cause première des aurores boréales, et, d'autre part, par moi-même pour expliquer les jets coronaux et les queues cométaires, qui, toute théorie mise à part, ont des points communs multiples. Arrhenius, qui a réuni tous ces faits dans une synthèse générale, fait jouer le plus grand rôle à des ions négatifs ou positifs chassés du Soleil par la pression de radiation; mais il admet aussi l'émission de corpuscules plus petits qui sont les électrons ou autrement dit le rayonnement cathodique. Dans ces théories, l'illumination singulière de la queue et aussi la force répulsive solaire s'expliquent aisément.

Admettons donc avec les auteurs précédents une émission cathodique solaire. Ce rayonnement spécial rencontre les particules de la queue cométaire repoussées par le Soleil, et, à leur contact, produit un rayonnement X, ainsi que dans les tubes à vide ordinaires. Dans cet ordre d'idées, la queue est une source de rayons X, rayons très pénétrants, comme on sait, et même d'autant plus pénétrants que le rayon cathodique primaire est plus rapide. Ces rayons nouveaux, analogues aux rayons γ du radium, entrent profondément dans l'atmosphère terrestre et peuvent atteindre des couches relativement basses.

Or le rayonnement X a la propriété bien connue d'ioniser les gaz et de provoquer la condensation immédiate des vapeurs sursaturées. La vapeur d'eau qui est dans cet état spécial, prête à tomber, est aussitôt précipitée. Cette action se produit seulement aux points de l'atmosphère où la vapeur est sursaturée [1]; et elle cesse lorsque la chute de pluie a abaissé la tension.

Tous ces effets successifs sont admissibles, mais peuvent-ils avoir une intensité suffisante à la grande distance où est la terre, et avec la très faible masse de matière qui compose la queue. Il est permis de répondre affirmativement, lorsqu'on considère la surface énorme de certaines queues comé-

---

[1] Aux points où la vapeur d'eau ne se condense pas, il y a tout au moins une ionisation de l'air, qui ne se manisfeste pas à distance, mais qui pourrait être constatée par des observations en ballon.

taires. La matière composante a une faible masse, mais on sait que, suffisamment divisée, elle peut avoir une surface totale aussi grande qu'on le veut; et, dans les conditions supposées, l'action est proportionnelle à la surface totale des particules.

J'ai observé plusieurs fois au commencement de l'année la comète Innes 1910*a*, et j'ai été frappé par le prodigieux développement de la queue, aussi large que longue, qui occupait dans le ciel une surface apparente bien supérieure à la couronne solaire des éclipses. Je prends comme terme de comparaison cette couronne, parce que, dans l'ordre d'idées où nous sommes, elle doit être aussi une source de rayons X [1]. Mais le rayonnement X supplémentaire fourni par la comète peut être beaucoup plus grand, et provoquer des troubles spéciaux plus étendus dans notre atmosphère.

Ces troubles cependant sont limités, car ils cessent lorsque la vapeur sursaturée s'est résolue en pluie, et ils doivent être suivis d'une période de beau temps ou de sécheresse, qui dure jusqu'à ce que les vapeurs sursaturées soient reformées en quantité appréciable.

Il est inutile de développer plus longuement ces considérations, elles suffisent à montrer la possibilité d'une action cométaire. Notre atmosphère, qui est comprise entre la surface terrestre et l'espace stellaire, doit être modifiable par les variations qui se produisent dans chacune des deux parties qui l'enserrent. C'est ainsi que récemment Hildebrandson a fait ressortir les conséquences dues aux fluctuations des glaces polaires et des courants marins qui s'en détachent; la cause est alors purement terrestre.

Mais les causes cosmiques doivent aussi intervenir, en particulier par les rayonnements divers, ondulatoires et corpusculaires tels que les rayonnements ultraviolets et cathodiques du Soleil [2]. Le grand problème de la pré-

---

[1] Le rayonnement X solaire doit provenir surtout des points de la couronne qui se projettent pour nous à une certaine distance du disque.

[2] Plusieurs auteurs, et Marchand en particulier, ont admis déjà l'influence des perturbations solaires sur les variations du temps à la surface de la Terre.

Les étoiles filantes, d'autre part, ont été notées déjà comme ayant une action semblable. D'ailleurs les corpuscules, qui passent près de la Terre sans rencontrer son atmosphère, sont électrisés au moins par la lumière ultraviolette solaire et peuvent, lorsqu'ils sont nombreux, exercer une action électrostatique et électromagnétique sur les couches ionisées de notre atmosphère; inversement, ces couches peuvent les dévier de leur route.

Dans cet ordre d'idées, la queue dont les particules sont électrisées doit être déviée par le champ magnétique interplanétaire et peut, même à son origine près du noyau, ne pas être dirigée exactement vers le Soleil.

vision du temps exige qu'on leur accorde aussi une grande attention et que leur recherche, évidemment difficile, soit poursuivie par tous les moyens à notre disposition.

La théorie cathodique n'est pas présentée comme la seule qui puisse bien expliquer les phénomènes cométaires. Si je l'ai développée spécialement dans mes publications c'est que le rayonnement cathodique est le phénomène principal des tubes à vide de nos laboratoires, auxquels l'espace interplanétaire est *a priori* assimilable. Cet espace offrirait ainsi en très grand les phénomènes particuliers que nous observons journellement, mais en très petit, grâce aux machines, de plus en plus perfectionnées, qui permettent de faire le vide.

Cette théorie a trouvé d'ailleurs récemment un appui sérieux dans l'analyse spectrale des comètes Daniel *d* 1907 et Morehouse 1908. La queue de cette dernière comète, à tous égards exceptionnelle, offrait un spectre de bandes intense, accompagné d'un spectre continu très faible; ce qui implique une composition presque purement gazeuse. Or, j'ai montré que l'une des bandes principales de ce spectre est la bande ultraviolette caractéristique de l'azote illuminé aux très basses pressions par le rayonnement cathodique; une autre bande ultraviolette, attribuée au cyanogène, se maintient aussi aux basses pressions. Mais les bandes restantes, plus nombreuses, n'avaient pu être identifiées; or, Fowler a reconnu cette année qu'elles étaient dues à l'illumination cathodique du gaz oxyde de carbone (1). Bref la lumière entière de la queue dans cette comète a une origine cathodique (2).

J'ai admis précédemment que le rayonnement cathodique ainsi décelé par le spectre émanait du Soleil lui-même; mais il peut provenir aussi du noyau et de la tête de la comète, quoique, à mon avis, avec une probabilité moindre (3). Dans les deux cas, la production de rayons X par la queue appa-

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 805, et aussi *Monthly Notices*, t. LXX, p. 495.

(2) On a des raisons de penser que le spectre de toutes les queues cométaires est le mélange d'un spectre continu et d'un spectre cathodique. Le spectre classique des hydrocarburés et du cyanogène serait, d'autre part, limité à la tête. Cette question sera élucidée facilement par les moyens nouveaux dont on dispose actuellement pour l'étude spectrale des comètes.

(3) La queue cométaire émanée de la tête et le jet coronal issu de l'atmosphère solaire sont manifestement semblables, et il est naturel de penser que la tête de la comète et l'atmosphère solaire émettent en même temps un rayonnement cathodique, chacune des deux sources pouvant être prépondérante, suivant les conditions variables

rait comme une conséquence nécessaire, production d'autant plus abondante que la queue est plus riche en petites particules. Or, la richesse en particules peut être évaluée par l'intensité du spectre continu émis par la queue. Avec la comète Morehouse, le spectre continu de la tête et de la queue était très faible ; il est au contraire intense avec les comètes Innes et Halley de cette année, et l'on est conduit à penser que l'action exercée sur la Terre par ces deux dernières comètes a été plus grande.

En résumé, les considérations et rapprochements qui précèdent font ressortir, d'une part, la possibilité d'une action à distance des comètes sur l'atmosphère terrestre et, d'autre part, l'utilité d'une étude physique complète des comètes et de l'étude spectrale en particulier.

M. **Baillaud** fait connaître à l'Académie les derniers renseignements qu'il a reçus concernant des *Observations de la comète de Halley à l'Observatoire Lick et à Johannesburg*, renseignements transmis par le Bureau des télégrammes internationaux de Kiel.

Le 20 mai, M. Campbell, directeur de l'Observatoire Lick, indique que la comète a été vue dans le ciel, à l'Est, le matin. La queue avait au moins 140° de longueur; elle était bien en arrière du rayon vecteur, et M. Campbell conclut que la Terre ne doit probablement pas traverser la queue.

Le 21, M. Campbell ajoute que la queue de la comète, à l'Est, vendredi matin s'étendait à travers l'Aigle, 1° plus au Nord, et que son éclat était le tiers de celui de la veille.

Le 21, à Johannesburg, la comète est indiquée comme vue le soir du 20 avec une queue de 19° et vue aussi le matin du 21, à l'Est, avec une queue embranchée.

M. **Bigourdan** communique la dépêche suivante, dans laquelle M. Eginitis résume les observations qu'il a faites à Athènes, *sur la comète de Halley,* le jour de son passage sur le Soleil (18 mai 1910), et les jours suivants :

Queue (de la comète de) Halley observée vendredi matin exactement (à la) même

---

d'une comète à l'autre. Lorsque la queue offre en son milieu une ligne noire, le rayonnement solaire serait le plus fort; mais, lorsque la ligne centrale de la queue est plus brillante que les bords, ainsi que dans la comète de Halley en 1835, a prédominance appartiendrait aux rayons cathodiques de la tête. Ce dernier cas se présente plus rarement.

position (que dans les) dernières nuits. Vendredi soir aussi, dans (une) lunette (elle) paraissait dirigée vers (le) Soleil. Par suite (de sa) courbure, samedi matin (elle a été) invisible à l'Est. Samedi soir (elle était) tournée (vers) l'Est. Sa traversée (par la) Terre (a été) retardée grandement, ou n'a pas eu lieu. (Le) passage de la tête (sur le Soleil n'a été accompagné par) aucun phénomène sensible : ni diminution notable d'éclat, ni taches, ni points noirs.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'existence de deux potentiels explosifs.* Note de MM. **P. Villard** et **H. Abraham**.

On sait que, lorsqu'on élève progressivement le voltage aux bornes d'un éclateur à électrodes sphériques, on voit à un certain moment des aigrettes apparaître, puis l'étincelle disruptive éclate et décharge complètement les conducteurs, empêchant par cela même la différence de potentiel de croître davantage; on a atteint le potentiel explosif ordinaire que nous désignerons d'une manière générale par V_1.

Nous avons reconnu que, moyennant quelques précautions, ce voltage V_1 en apparence infranchissable peut être considérablement dépassé sans qu'il se produise aucune étincelle. Cet accroissement de la tension est cependant limité, et, pour un éclateur donné il existe outre le potentiel V_1, un deuxième potentiel explosif pouvant être double du premier, et caractérisé par un régime tout à fait différent de préparation à l'étincelle, l'éclatement de cette dernière étant précédé non plus par l'apparition des aigrettes, mais par la formation, sur l'anode, d'une lueur persistante et continue, visible même en plein jour.

Pour isoler ce phénomène et l'observer dans l'air ordinaire qui n'est pas cependant le gaz le plus favorable à l'expérience, il convient de constituer l'éclateur par une anode sphérique de petit diamètre (1^{cm} environ) et une cathode de grande surface, telle qu'une grosse sphère ou un large plateau à bords arrondis. La source électrique sera de préférence une machine statique puissante, reliée au besoin à des condensateurs destinés à régulariser le régime; on aura soin d'éviter les contacts imparfaits dans les connexions.

Cela étant, et le voltage V_1 étant atteint, il arrive très fréquemment, à la faveur des inévitables « ratés » de l'étincelle de décharge, que ce potentiel puisse être nettement dépassé. Aussitôt les aigrettes positives, qu'on s'attendait à voir augmenter d'importance, disparaissent complètement et définitivement pour faire place à un aspect tout à fait différent. L'anode, sur

toute la zone en regard de la cathode, se recouvre d'une gaine luminescente, d'un rose violacé, qui augmente d'éclat et d'étendue à mesure que la différence de potentiel s'élève; le reste du champ est tout à fait obscur et aucune lueur ne se montre sur la cathode; d'autre part, un vent électrique intense, sensible à une distance de plus de 1^m, s'échappe de la région qui avoisine l'anode (¹).

Élevant encore le voltage, on voit la gaine lumineuse se renforcer à son sommet, puis donner naissance à une pointe plus brillante dirigée vers la cathode; ce pointement est l'amorce de la nouvelle étincelle disruptive qui se produit tout aussitôt. Le second potentiel explosif V_2 est alors atteint.

Si, avant d'atteindre cette nouvelle valeur, on rétrogradait vers V_1, l'étincelle ou tout au moins l'aigrette réapparaîtrait comme dans l'expérience faite par voltages décroissants (²).

On peut aussi opérer à voltage constant et faire varier la distance des électrodes. On trouve alors pour chaque potentiel deux distances explosives, tandis qu'on n'a jamais d'étincelle pour les distances intermédiaires.

Ainsi, pour le premier potentiel explosif, V_1, seul observé en général, l'étincelle est sous la dépendance des irrégularités de l'aigrette préparatoire et constitue, en quelque sorte, un accident qu'il est possible d'éviter. Le second potentiel V_2, au contraire, semble correspondre à un phénomène normal à préparation régulière. Entre ces deux valeurs, le régime lumineux est parfaitement stable et une étincelle n'est possible que par l'intervention d'une action étrangère.

La composition complexe de l'air atmosphérique semble avoir une influence considérable sur l'établissement du régime de la gaine anodique

---

(¹) Plusieurs observations de Nicholson (1787), de Faraday et de divers autres physiciens, sur les décharges par lueurs (glowdischarge, glimmstrom) et sur certains retards à la décharge, se rattachent tantôt au phénomène bien défini que nous décrivons, tantôt à d'autres modes de décharges qui en sont tout à fait distincts.

(²) Le phénomène devient tout à fait frappant en chargeant, à un voltage compris entre V_1 et V_2, un condensateur relié à l'éclateur. Aucune étincelle ne jaillira aussi longtemps que le fonctionnement de la source électrique maintiendra cette tension. Mais si l'on arrête la machine, le potentiel baisse spontanément peu à peu, et, au moment où il repasse par V_1, des aigrettes se produisent, suivies aussitôt par l'étincelle disruptive qui décharge complètement le condensateur.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

et sur l'éclatement accidentel de l'étincelle de bas voltage. On réussit mieux l'expérience avec de l'air pur et sec qu'on renouvelle dès qu'on y a fait éclater quelques étincelles. Dans de l'azote sec le phénomène devient plus brillant et vraiment remarquable. Il n'est plus nécessaire d'avoir une anode de petit diamètre, et l'on peut même constituer l'exploseur par des boules égales de 4^{cm} ou 5^{cm} de diamètre. Dans ce gaz, le passage par la valeur V_1 est toujours exactement indiqué par l'apparition de la gaine anodique, et cependant on n'aperçoit que de faibles aigrettes, qui peuvent même ne pas se produire dans une expérience conduite doucement. Le caractère accidentel de la première étincelle devient alors tout à fait manifeste [1].

Les phénomènes que nous venons de décrire peuvent être observés sous différentes pressions, et on les suit aisément jusque vers 2^{mm} de mercure.

L'expérience réussit également très bien dans l'hydrogène.

L'établissement de la luminescence anodique est rendu au contraire incertain, puis impossible par la présence de traces de gaz carbonique ou sulfureux ou de quantités notables de vapeur d'eau. C'est ainsi que si l'on a établi ce régime dans l'air ordinaire, il suffit de souffler avec la bouche sur l'anode pour faire éclater l'étincelle.

La luminescence de l'anode, caractéristique des potentiels compris entre V_1 et V_2, est l'indice évident du passage d'importantes quantités d'électricité. On constate en effet que, pour maintenir ce régime, même à des voltages modérés, on est obligé de recourir à l'emploi d'une machine statique à plateaux multiples. Nous nous sommes servis d'une machine Bonetti-Roycourt sans secteurs à six plateaux d'ébonite.

Dans ces conditions, l'intensité du courant absorbé par l'éclateur augmente avec le diamètre de l'anode et peut, sous une centaine de mille volts, être de l'ordre du milliampère. La puissance ainsi localement dépensée sur l'anode, tout aussi importante que celle exigée par d'autres modes d'illumination électrique des gaz, montre qu'il s'agit non d'un courant ordinaire d'ionisation, mais d'une décharge véritable. Au surplus, la densité du courant sur l'anode est tout à fait comparable à celle qu'on admet dans l'électrolyse d'un liquide.

Voici, à ce sujet, les résultats de deux expériences faites à la pression atmosphérique dans de l'azote sec (azote industriel, procédés G. Claude),

---

[1] Rappelons à ce sujet que M. J.-J. Thomson a observé des élévations considérables du potentiel explosif dans les gaz rigoureusement secs.

avec des anodes sphériques placées en regard d'une cathode plane à bords arrondis :

Diamètre de l'anode.	Distance des électrodes.	Potentiel explosif.	Courant avant l'étincelle.	Étincelle équivalente à l'air libre.
		volts		mm
30^{mm}.....	30^{mm}	$V_1 = 55\,000$	0,00	28
		$V_2 = 78\,500$	0,55	70
15^{mm}.....	40^{mm}	$V_1 = 40\,000$	0,00	30
		$V_2 = 80\,000$	0,49	110

Le courant qui traverse ainsi le gaz est absolument continu; à ce point de vue le régime de la gaine luminescente diffère encore nettement de la décharge par aigrette, laquelle est toujours discontinue.

Si l'on dépose sur l'anode des substances sensibles aux rayons cathodiques, telles, par exemple, que la craie ou l'oxyde de zinc, ces substances s'illuminent vivement quand le régime de la luminescence anodique est établi. Ce fait suggère une explication assez simple du mécanisme de ce mode particulier de décharge. Au voisinage direct de la surface de l'anode dont la courbure est relativement forte, le champ électrique est particulièrement intense et à variation rapide [1]; l'ionisation du gaz se localise dans cette région, où elle s'accompagne de production de lumière. Les centres négatifs, énergiquement attirés, sont immédiatement absorbés par l'anode sur laquelle ils arrivent avec de grandes vitesses. Certains d'entre eux peuvent ainsi, *même à la pression atmosphérique*, former de véritables *rayons cathodiques* et ce seraient ces rayons qui provoqueraient la phosphorescence de la craie. Les centres positifs, au contraire, repoussés par l'anode, s'éloignent à l'état d'ions, entraînant le gaz ambiant et produisant un vent électrique chargé positivement qui transporte par convection la totalité du courant jusqu'à la cathode.

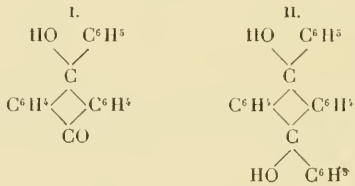
En résumé, pour un système donné d'électrodes, il existe deux potentiels explosifs. Le premier, qu'il conviendrait plutôt d'appeler *potentiel d'aigrette*, peut accidentellement faire éclater une étincelle disruptive. Le second paraît être le potentiel explosif normal, et même le seul qu'on doive observer dans certains gaz purs. Pour toute tension comprise entre ces deux limites, il s'établit un régime de décharge silencieuse et continue, caractérisé par la luminescence épipolique de l'anode, et dont la constitution particulièrement simple présente une grande analogie avec le phénomène de la gaine électrolytique étudiée par MM. Violle et Chassagny.

---

[1] Il est remarquable que le moindre méplat sur l'anode, qui modifie surtout le gradient, se traduit par une tache sombre dans la gaine lumineuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des bromures d'ortho et de para-anisylmagnésiums sur l'anthraquinone et la β-méthylanthraquinone.* Note de MM. **A. Haller** et **A. Comtesse**.

Dans une série de recherches publiées par l'un de nous en collaboration avec M. A. Guyot (¹), et poursuivies dans la suite par MM. A. Guyot et Stæhling (²), il a été montré qu'en faisant agir les combinaisons organomagnésiennes du phényle et du naphtyle sur l'anthraquinone et la méthylanthraquinone, on obtient, suivant les conditions de l'expérience, des corps du type phényloxanthranol (I) ou du type dihydrure d'anthracène γγ-diphénylé, γγ-dihydroxylé symétrique (II)



Le présent travail a pour but de montrer que les combinaisons magnésiennes de l'ortho et du parabromanisol agissent de la même façon sur les deux anthraquinones. Nous n'avons toutefois pas cherché à préparer les anisyloxanthranols et nous nous sommes bornés à isoler les diols correspondant à la formule II.

Nous avons ainsi obtenu quatre diols sous la forme de cristaux blancs, solubles dans la plupart des dissolvants organiques et donnant des colorations très caractéristiques avec l'acide sulfurique concentré. La solution acétique de ces corps a la propriété de décomposer l'iodure de potassium, avec mise en liberté d'iode et formation d'un dérivé anthracénique, et de donner avec la diméthylaniline des réactions colorées très intéressantes.

Comme les diols plus simples, nos combinaisons ont une tendance à s'éthérifier et à s'acétyler très facilement; elles se laissent, en outre, réduire sans difficulté pour donner naissance à des anthracènes γγ-disubstitués d'une couleur jaune plus ou moins prononcée, qui se dissolvent dans les solvants organiques avec des fluorescences remarquables.

(¹) Haller et A. Guyot, *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XXXI, 1904, p. 795 et 979; t. XXXIII, 1905, p. 385.

(²) A. Guyot et Stærling, *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XXXIII, 1905, p. 1104, 1144, 1152.

Nous allons donner le mode opératoire employé pour la préparation de l'un de ces diols, les autres pouvant être obtenus par le même procédé.

Dihydrure d'anthracène γγ-p-dianisylé, γγ-dihydroxylé symétrique ou *diméthoxy-4'.10'-diphényl-9.10-diol-9.10-dihydroanthracène.* — Le peu de solubilité de l'anthraquinone dans l'éther nous a conduits à modifier quelque peu la technique que nous avons suivie jadis avec M. Guyot pour la préparation du dérivé déphénylé.

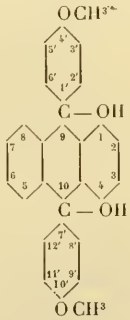
L'appareil qui nous a servi se compose d'un ballon spacieux dans lequel se trouve une solution éthérée de 40^g (3^{mol}) de *p*-bromure d'anisylmagnésium; ce ballon communique avec un appareil à épuisement genre Vigreux [1], dans lequel on a mis 14^g (1^{mol}) d'anthraquinone finement pulvérisée. Le tout est surmonté d'un puissant réfrigérant à reflux auquel on adapte un tube à chlorure de calcium, afin d'éviter l'introduction de toute trace d'humidité.

L'anthraquinone pulvérisée ayant une tendance à s'agglomérer et à former des grumeaux qui se dissolvent très difficilement, il est bon de la mélanger à des fragments de substances poreuses (porcelaine, brique ou ponce pilées).

L'appareil étant monté comme nous venons de l'indiquer, on chauffe pendant plusieurs jours au bain-marie jusqu'à ce que toute l'anthraquinone soit dissoute. On verse alors la liqueur éthérée sur de la glace à laquelle on ajoute de l'acide chlorhydrique dilué. On décante la couche éthérée et l'on essore le résidu insoluble qui est constitué par le diol cherché mélangé d'un peu d'anthraquinone non entrée en réaction. On sépare ce dernier corps en épuisant méthodiquement la masse par un peu de benzène bouillant qui dissout le diol. Il faut éviter l'emploi de l'alcool.

La solution éthérée contient aussi une certaine quantité de ce diol avec un peu d'anthraquinone, de l'anisol, du dianisyle, etc. On la sèche sur du chlorure de calcium et, après avoir éliminé l'éther par distillation, on épuise la masse restante par du benzène.

Diméthoxy-4'.10-diphényle-9.10-diol-9.10-dihydroanthracène :

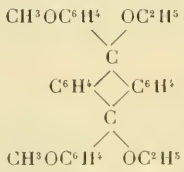


[1] Vigreux, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, t. V, 1909, p. 699.

C'est un corps blanc, soluble dans la plupart des dissolvants organiques. Il cristallise dans le benzène en petits cristaux microscopiques qui fondent à 267° (non corrigé). Traité par de l'acide sulfurique concentré, ce diol prend une coloration rouge sang qui passe au violet, puis au bleu et enfin au vert par addition de quelques gouttes d'eau.

Sa solution acétique décompose l'iodure de potassium avec mise en liberté d'iode. Avec la diméthylaniline, cette solution donne une coloration bleu vert qui passe au rose violacé au bout de quelque temps.

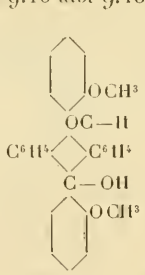
Son éther diéthylique



prend naissance quand on fait agir sur une solution alcoolique du diol l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique.

Il cristallise dans l'alcol sous la forme d'une poudre blanche fondant à 280°-281° et est facilement saponifié par l'acide sulfurique ou l'acide acétique pour régénérer le diol primitif.

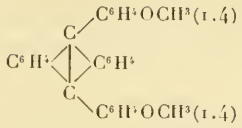
Le diméthoxy-2'.8'-diphényl-9.10-diol-9.10-dihydroanthracène



se prépare dans les mêmes conditions. Il se présente sous la forme de cristaux blancs microscopiques fondant à 285°.

Il se dissout dans l'acide sulfurique concentré en produisant une coloration bleue qui passe au vert, puis au brun sale lorsque l'on chauffe le mélange ou que l'on y ajoute de l'eau goutte à goutte.

p-dianisylanthracène



Ce corps se prépare en ajoutant à une solution concentrée et bouillante de diol dans l'acide acétique, du zinc en poudre. On maintient l'ébullition pendant une demi-heure environ et l'on filtre. La solution est versée dans l'eau froide et le précipité formé est recueilli, essoré et mis dans la benzine et l'acide acétique.

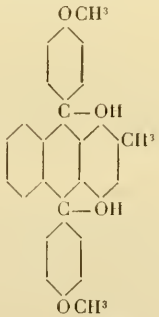
Le *p*-dianisylanthracène est assez peu soluble dans la plupart des solvants organiques auxquels il communique une fluorescence bleu violacé de toute beauté. Il cristallise dans le benzène en petites aiguilles jaunes qui fondent à 279°-280° en se sublimant.

L'ortho-dianisylanthracène, préparé dans les mêmes conditions, présente des propriétés sensiblement analogues à celles de son isomère. Il se dissout aussi assez difficilement dans les solvants organiques en donnant des solutions d'un très beau bleu violacé.

Il cristallise dans le benzène et l'acide acétique en aiguilles jaunes qui fondent à 280°-281° (non corr.)

On obtient des dérivés analogues avec la β-méthylanthraquinone qui, en raison de sa plus grande solubilité dans l'éther, donne des rendements meilleurs.

Le méthyl-2-diméthoxy-4'.10'-diphényl-9.10-diol-9.10-dihydroanthracène



cristallise dans le benzène en petits cristaux blancs qui s'effleurissent au

contact de l'air et fondent à 208° (non corr.). Il se dissout dans l'acide sulfurique concentré en produisant une superbe coloration rouge éosine qui passe au violet, au bleu et finalement au vert par échauffement ou dilution progressive.

La solution du diol dans l'acide acétique décompose l'iodure de potassium et donne avec la diméthylaniline une coloration verte qui passe au brun au bout de quelques heures.

Le méthyl-2-diméthoxy-2′.8′-diphényl-9.10-diol-9.10-dihydroanthracène, obtenu dans les mêmes conditions que son isomère, cristallise dans le benzène en cristaux blancs s'effleurissant à l'air et fondant à 260°. Il donne avec l'acide sulfurique concentré une coloration vert malachite intense.

Sa solution acétique, mélangée avec de la diméthylaniline, donne également une coloration verte très belle qui passe au vert olive au bout de quelque temps.

Les produits de réduction correspondant à ces deux diols prennent naissance dans les mêmes conditions que ceux dérivés de l'anthraquinone. On traite les solutions des diols dans l'acide acétique par du zinc en poudre ou l'iodure de potassium.

Le β-méthyl-p-dianisylanthracène

est très soluble dans le benzène et moins dans les autres solvants organiques auxquels il communique une très belle fluorescence bleu violacé. Il cristallise dans l'alcool et l'acide acétique en petites aiguilles jaunes fondant à 214°-215°. La masse fondue reprend l'aspect cristallin par le refroidissement.

Son isomère *le β-méthyl-o-dianisylanthracène* possède des propriétés analogues. Cristallisé au sein d'un mélange d'alcool et de benzine, il constitue des petits mamelons jaunes qui, chauffés vers 150°, se boursouflent pour fondre à 165°-167° en donnant une masse visqueuse d'un jaune foncé, ne cristallisant plus par le refroidissement.

En préparant toutes ces combinaisons, notre but était d'obtenir, par leur déméthylation au moyen de l'acide bromhydrique, les diphénols corres-

pondants. Or, quand on chauffe ces dérivés avec l'hydracide à une température de 180° à 190°, on isole des produits amorphes, brunâtres, solubles dans l'alcool et les alcalis, mais ne donnant pas à l'analyse des chiffres concordants.

En résumé, l'anthraquinone ainsi que le β-méthylanthraquinone forment, avec les *p*- et *o*-anisols, des dérivés de substitution analogues à ceux qui prennent naissance quand on fait agir le bromure de phénylmagnésium sur ces quinones. Les diols ainsi obtenus sont facilement réduits en dérivés γγ-disubstitués de l'anthracène.

ASTRONOMIE. — *Sur le passage de la Terre dans la comète de Halley.* Note de M. **Ch. André.**

Notre programme d'observations pour ce phénomène comprenait :

1° L'étude des variations d'éclat que pourrait présenter le ciel pendant la nuit du 17 au 19; et, si possible, la recherche de la comète sur le disque du Soleil à son lever le 19;

2° L'enregistrement des variations que pourraient subir nos appareils électriques et magnétiques par le fait de ce passage.

En ce qui concerne l'étude astronomique, le ciel a été constamment couvert ou pluvieux et toute observation nous a été impossible.

Quant à l'électromètre et au magnétomètre, nous n'avons constaté, dans les courbes qu'ils ont données, rien d'anormal qui puisse être attribué à la comète.

Ce résultat négatif, surtout en ce qui concerne le magnétomètre, a son importance.

CORRESPONDANCE.

M. **P. Blaserna**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **J. Charcot** adresse à l'Académie une copie des Rapports mensuels de l'État-Major de la *deuxième Expédition antarctique française.*

Rien n'a été modifié à ces Rapports, rédigés en cours de Mission, qui donnent un résumé des travaux entrepris et un aperçu des conditions dans lesquelles ils ont dû être

exécutés et qui par conséquent ne doivent être considérés que comme des Rapports préliminaires.

(Renvoi à la Commission composée de : MM. Bornet, Guyou, Perrier, Müntz, Violle, Roux, Delage, Bouvier, Lacroix, Douvillé, Villard, Mangin, Termier, Lallemand. Membre adjoint : M. Joubin.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Volume intitulé : *Le Jubilé académique de M.* L.-P. Cailletet; 18 *janvier* 1910.

2° *Revision d'une partie de la collection des Hydroïdes du British Museum*, par M. Armand Billard. (Présenté par M. E. Perrier.)

3° 1809-1909. Le Centenaire du *Journal de Pharmacie et de Chimie*. (Présenté par M. E. Jungfleisch.)

ASTRONOMIE. — *L'aurore boréale. Lois et théories héliodynamiques.* Note de M. **de Kerillis**, présentée par M. H. Poincaré.

L'essai de théorie de la lumière polaire dont nous soumettons ici l'exposé a pour objet de démontrer, en s'appuyant sur des chiffres, l'intervention si discutée jusqu'à ce jour de l'induction solaire dans les phénomènes auroraux.

Théorie héliodynamique. — L'aurore boréale se présente souvent, on le sait, sous forme d'arcs lumineux plus ou moins réguliers, simples ou multiples, paraissant appartenir à des anneaux, peut-être circulaires, peut-être ovales, disposés concentriquement autour d'un centre commun appelé *pôle des aurores*.

Ce pôle est situé à peu près par 81°N et 97°W, c'est-à-dire *grosso modo* à mi-distance entre le pôle magnétique et le pôle géographique.

Ces anneaux célestes circumpolaires seraient, selon nous, formés d'une matière aurorale, non lumineuse par elle-même, planant dans les hautes régions de l'atmosphère et répartie suivant des couches en équilibre, dites *isostatiques*, cette répartition en anneaux concentriques étant une résultante de l'action magnétique terrestre.

Le magnétisme serait donc une des causes génératrices de l'aurore, le second facteur étant l'action solaire.

Pour représenter cette action, il faut imaginer un réseau de radiations héliocentriques, symbolisé par une zone d'influence dite *zone dynamique* attachée à la Terre et la suivant dans son mouvement avec cette particularité qu'elle se maintient con-

stamment parallèle à l'écliptique et à l'opposé du Soleil, telle une queue de comète. Cette zone dynamique *antisolaire* diffère toutefois de la queue de comète en ce qu'elle n'a pas de lumière propre. Son point d'attache se trouve sur le rayon terrestre aboutissant au *pôle des aurores* à une distance au-dessous du sol que, pour fixer les idées, on supposera égale à 1900^{km} comme première approximation.

Quand les couches isostatiques circumpolaires, entraînées par le mouvement diurne, passent sous la traîne de la zone antisolaire, il se produirait des phénomènes d'induction d'où résulterait l'illumination des couches isostatiques donnant ainsi naissance aux arcs auroraux lumineux simples ou multiples.

L'aurore serait donc un phénomène produit par l'action combinée du magnétisme terrestre et de l'induction solaire.

Vérifications de la théorie. — 1° Il est clair que pour déterminer les courbes d'équifréquence aurorale (courbes joignant les positions géographiques où l'on observe, chaque année, le même nombre d'aurores), il doit suffire, d'après les hypothèses précédentes, de projeter sur le sol les couches isostatiques célestes, et, puisque celles-ci, comme on l'a vu plus haut, sont centrées sur le pôle des aurores, les courbes d'équifréquence doivent l'être également.

Effectivement on constate que le réseau de ces courbes établi par Hermann Fritz remplit cette condition, du moins à peu près, et l'écart existant est justifié par les explications données dans l'étude.

Telle est la première vérification de la théorie héliodynamique..

2° L'heure du maximum en chaque lieu correspond au moment où le grand cercle joignant ce lieu du pôle auroral passe à l'opposé du Soleil, autrement dit elle correspond à minuit auroral, d'où l'on déduit, par un théorème,

$$\text{Heure maximum} = 12^h\ (\text{vrai}) \pm \alpha - \varepsilon;$$

α, angle formé dans le lieu considéré par les deux méridiens géographique et auroral;

ε, correction locale fonction de la distance au pôle auroral.

3° La périodicité diurne dépend de l'heure du lieu et présente un nombre maximum d'aurores à minuit auroral et un minimum à midi auroral :

$$N = f(h);$$

N, nombre d'aurores;

h, heure du lieu; H dépend de h;

$$N = K\left(-5{,}3 + 1{,}7\sqrt{30 - H^2}\right),$$

formule empirique expliquée dans l'étude.

3° La périodicité annuelle est fonction de la position de la zone dynamique, laquelle fait avec l'axe polaire un angle variant, au cours de l'année, de $90° - 23°,5$ à $90° + 23°,5$.

Comme conséquence, le maximum auroral doit se produire en hiver dans les régions polaires, en été dans les latitudes moyennes, aux équinoxes dans les latitudes intermédiaires; c'est ce que l'on constate effectivement :

$$N = f(L, \lambda, \gamma),$$
$$N = K + Af(\gamma) + Bf'(\gamma) + Cf''(\gamma);$$

L, latitude géographique;
λ, latitude aurorale;
γ, angle de l'axe terrestre avec le rayon de l'orbite.

5° La périodicité séculaire est fonction des déplacements du pôle des aurores, lesquels sont en liaison avec ceux du pôle magnétique :

$$N = f(\pi, p, \sigma),$$

π, p, σ, périodicités solaire, terrestre, sidérale.

Tableaux (extraits).

	Heures.	Cap Barrow.	Bossekop.	Lac Athabasca.	Christiania.	Upsal.	Observations.
		h m	h m	h m	h m	h m	
Heures du maximum	calculées.....	1.45	10.20	12.30	9.40	9.20	»
	observées....	1.30	10.30	12.22	10.00	9.30	»

	N nombre d'aurores.		Minuit.	4h mat.	8h mat.	Midi.	4h soir.	8h soir.	Observations.
Périodicité diurne	N.	calculé....	78-74	65-48	30-21	17-21	30-48	65-74	Terre de François-Joseph.
		observé...	79	58	22	28	45	72	

	N nombre d'aurores.		Déc.	Janvier. Nov.	Février. Oct.	Mars. Sept.	Avril. Août.	Mai. Juillet.	Juin.	Observations.
Périodicité annuelle	N.	calculé....	60	78	117	137	123	91	74	New-York.
		observé...	60	75	98	118	123	91	79	
	N.	calculé....	11	12,5	13	10,7	6,2	1.0	0	Suède.
		observé...	11	11	13,5	13	6	1.0	0	

Périodicité séculaire { La période principale des variations séculaires doit être d'environ 600 ans, durée assignée à la nutation du pôle magnétique, et cette loi se confirme également.

On voit que les chiffres calculés cadrent avec ceux résultant de l'observation directe.

Ainsi toutes les lois se vérifient mathématiquement, ce qui semble démontrer l'exactitude de la théorie héliodynamique.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète de Halley, faite à l'Observatoire de Toulouse, à l'équatorial Brunner Henry de* $0^m,38$ *d'ouverture.* Note de M. **A. Blondel**, présentée par M. B. Baillaud.

Date. 1910.	Temps moyen de Toulouse.	ΔR.	$\Delta\delta$.	Nombre de compar.
Mai 8.....	$15^h47^m20^s$	$+1^m16^s,12$	$-0'46'',3$	18:15

Position de l'étoile de comparaison.

Gr.	Asc. droite moyenne, 1910,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne, 1910,0.	Réduction au jour.	Autorité.
7,5....	$0^h12^m23^s,76$	$-0^s,87$	$9°53'21'',0$	$-6'',9$	Cat. photog. Toulouse

Position apparente de la comète.

Date. 1910.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
Mai 8.....	$0^h13^m39^s,01$	$\bar{1},631$	$9°52'27'',8$	0,763

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les sommes partielles de la série de Fourier.* Note de M. **Léopold Féjer**, présentée par M. Émile Picard.

Soient $f(x)$ une fonction intégrable dans l'intervalle $(0 \leq x \leq 2\pi)$, M sa limite supérieure et m sa limite inférieure pour cet intervalle. On peut supposer (sans restreindre la généralité des considérations suivantes) que M est positif et que $m = -M$ [1].

Désignons par

$$(1) \qquad s_n(x) = a_0 + a_1 \cos x + b_1 \sin x + \ldots + a_n \cos nx + b_n \sin nx$$

---

[1] En effet, si $m \neq -M$, je prends au lieu de $f(x)$ la fonction $f(x) - \frac{M+m}{2}$, dont la limite supérieure est $\frac{M-m}{2}$ et la limite inférieure $-\frac{M-m}{2}$.

la somme des $(n+1)$ premiers termes de la série de Fourier de $f(x)$, et par $S_n(x)$ la moyenne arithmétique

$$(2) \qquad S_n(x) = \frac{s_0(x) + s_1(x) + \ldots + s_n(x)}{n+1}.$$

On connaît [1] la propriété élémentaire

$$(3) \qquad |S_n(x)| \leqq M.$$

pour

$$0 \leqq x \leqq 2\pi,$$
$$n = 0, 1, 2, 3, \ldots, \infty.$$

Mais on sait aussi que pour les sommes de Fourier $s_n(x)$ l'inégalité (3) *n'est pas vraie* en général. Je cite pour cela les deux types d'exemples suivants :

Premier exemple : $f(x) = \frac{\pi - x}{2}$ pour $0 < x < 2\pi$. Ici on a

$$M = \frac{\pi}{2}, \qquad m = -M = -\frac{\pi}{2},$$
$$s_n(x) = \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \ldots + \frac{\sin nx}{n}.$$

Mais pour $x = \frac{\pi}{n+1}$ on obtient

$$s_n\left(\frac{\pi}{n+1}\right) = \frac{\sin\frac{\pi}{n+1}}{1} + \frac{\sin 2\frac{\pi}{n+1}}{2} + \ldots + \frac{\sin n\frac{\pi}{n+1}}{n}$$
$$= \frac{\pi}{n+1}\left(\frac{\sin\frac{\pi}{n+1}}{\frac{\pi}{n+1}} + \frac{\sin 2\frac{\pi}{n+1}}{2\frac{\pi}{n+1}} + \ldots + \frac{\sin n\frac{\pi}{n+1}}{n\frac{\pi}{n+1}}\right),$$

donc

$$\lim_{n=\infty} s_n\left(\frac{\pi}{n+1}\right) = \int_0^\pi \frac{\sin x}{x}\,dx = 1,85\ldots$$

Cette valeur $1,85\ldots$ est *plus grande* que $M = \frac{\pi}{2} = 1,57\ldots$ [Phénomène de Gibbs [2]].

---

[1] Voir *Math. Annalen*, Bd. 58, p. 60.

[2] Voir par exemple le paragraphe 9 du Mémoire de M. Bôcher dans les *Annals of Mathematics*, 2e série, t. VII, 1906.

Second exemple :

$$f(x) = \frac{\cos x}{n} + \frac{\cos 2x}{n-1} + \ldots + \frac{\cos nx}{1} - \frac{\cos(n+1)x}{1} - \ldots - \frac{\cos 2nx}{n}.$$

Pour $x = 0$ on obtient

$$s_n(0) = \frac{1}{n} + \frac{1}{n-1} + \ldots + 1 > \log n.$$

Donc (en choisissant n assez grand) la somme $s_n(0)$ pourra être *aussi grande que l'on veut*, tandis que la valeur absolue de la fonction $f(x)$ reste plus petite que 26 pour $0 \leq x \leq 2\pi$ et $n = 1, 2, \ldots \infty$ [1].

Dans les lignes suivantes, je donne un théorème qui permet dans beaucoup de cas de déterminer, pour les $s_n(x)$ de Fourier, des limites assez étroites. Voici ce théorème :

Soit $f(x)$ une fonction, intégrable dans l'intervalle $0 \leq x \leq 2\pi$, pour laquelle

(I) $$|f(x)| \leq M \quad \textit{pour} \quad 0 \leq x \leq 2\pi,$$

et

(II) $$|a_n| \leq \frac{A}{n}, \quad |b_n| \leq \frac{B}{n} \quad \textit{pour} \quad n = 1, 2, 3, \ldots, \infty.$$

Ici $a_1, b_1, \ldots, a_n, b_n, \ldots$ désignent les coefficients de Fourier de $f(x)$, et M, A, B sont des constantes positives (ou zéro). Alors, en désignant par $s_n(x)$ la somme des premiers $(n+1)$ termes de la série de Fourier de $f(x)$, on a

$$|s_n(x)| \leq M + A + B$$

pour

$$0 \leq x \leq 2\pi, \quad n = 0, 1, 2, \ldots, \infty.$$

Démonstration. — On a, d'après les définitions (1) et (2),

(4) $$s_n(x) = S_n(x) + \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \nu(a_\nu \cos \nu x + b_\nu \sin \nu x)}{n+1}.$$

Donc, en tenant compte de la condition (II),

$$|s_n(x)| \leq |S_n(x)| + \frac{n(A+B)}{n+1}.$$

---

[1] *Lebesgue'sche Konstanten und divergente Fourierreihen* (*Journal de Crelle*, t. 138, 1910). Par l'application de l'inégalité (6) de cette Note, on obtient

$$|f(x)| < \pi + 2 = 5,14\ldots.$$

Mais, en tenant compte de la condition (I), on a, d'après (3),

$$|S_n(x)| \leqq M,$$

donc

$$|s_n(x)| \leqq M + A + B,$$

et le théorème est démontré.

En considérant, par exemple, la fonction $f(x) = \frac{\pi - x}{2}$, on peut prendre $M = \frac{\pi}{2}$, $A = 0$, $B = 1$. *Notre théorème fournit donc*

$$\left|\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \ldots + \frac{\sin nx}{n}\right| < \frac{\pi}{2} + 1 = 2{,}57\ldots$$
$$(0 \leqq x \leqq 2\pi;\ n = 1, 2, 3, \ldots, \infty).$$

Par l'application de l'équation (4), *on obtient aussi facilement*

$$(6) \qquad \left|\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{2} + \ldots + \frac{\sin(2n-1)x}{n}\right| < 2{,}57\ldots$$
$$(0 \leqq x \leqq 2\pi;\ n = 1, 2, 3, \ldots, \infty).$$

Etc. [1].

Pour les inégalités (5) et (6), M. Landau a bien voulu me communiquer des démonstrations extrêmement élémentaires.

Remarque. — Une fonction à *variation bornée*, au sens de M. Jordan, satisfait aux conditions (I) et (II) de notre théorème. *La suite de Fourier d'une telle fonction est donc certainement limitée en valeur absolue.*

Par l'application de notre théorème, il est facile d'assigner cette limite en moyennant seulement les variations totales positives et négatives de la fonction à variation bornée $f(x)$ pour l'intervalle $0 \leqq x \leqq 2\pi$. Mais l'intégrale de Dirichlet est aussi applicable pour ce but.

OPTIQUE. — *Sur les interférences de deux faisceaux superposés en sens inverses le long d'un circuit optique de grandes dimensions.* Note de M. G. Sagnac, présentée par M. Lippmann.

J'ai effectué des recherches sur certaines actions susceptibles de produire une différence de vitesse de propagation entre les ondes lumineuses qui par-

---

[1] Kneser, *Math. Annalen*, t. LX, § 1, où l'on trouve démontrée l'existence d'une constante positive G, telle que $\left|\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \ldots + \frac{\sin nx}{n}\right| < G, \ldots$.

courent un circuit optique et les ondes qui parcourent le même circuit dans le sens opposé.

Pour séparer d'un même faisceau lumineux les deux faisceaux inverses interférents, j'ai utilisé d'abord une argenture transparente comme l'a fait, le premier, M. Michelson.

1. *Dispositif.* — Les vibrations d'un faisceau lumineux Cl, issu d'un collimateur C, se divisent en I, sur une face argentée transparente d'une glace de verre, en vibrations transmises T et vibrations réfléchies R, qui se réfléchissent ensuite sur des miroirs plans M_1, M_2, ... (verre argenté) et parcourent ainsi un même circuit dans les sens respectifs opposés :

$$IM_1M_2\ldots I \quad \text{et} \quad IM_2M_1\ldots I.$$

Au retour en I sur l'argenture transparente, les vibrations T sont une seconde fois transmises (vibrations TT′), les vibrations R sont une seconde fois réfléchies (vibrations RR′). Une lunette L reçoit les deux systèmes de vibrations superposées TT′ et RR′, susceptibles de produire des franges d'interférence à centre brillant localisées si la source de lumière est étendue et visibles en lumière blanche.

J'ai pu obtenir d'excellentes franges bien nettes et fixes avec des circuits optiques triangulaires ou pentagonaux faisant le tour de la salle d'expériences (jusqu'à 30^m de tour).

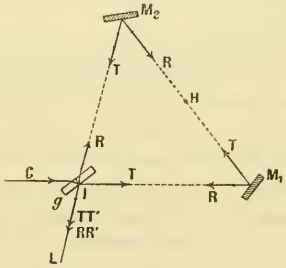
2. *Le réglage principal est le réglage de superposition exacte des deux faisceaux inverses.* — La méthode que j'ai employée avec le plus de succès pour les grands circuits consiste à définir le faisceau initial Cl par une petite ouverture ronde sur laquelle est projetée l'image de la source (filament de Nernst ou charbon positif d'un arc électrique) et à allonger légèrement le tirage du collimateur de manière à faire au milieu H du contour du circuit (à une quinzaine de mètres) les deux images agrandies du petit trou dues aux deux faisceaux inverses T et R. Des réglages successifs et méthodiques amènent ces deux images égales à *coïncider exactement* pendant que sur le reste du circuit, spécialement près de la glace argentée, les mêmes réglages amènent les sections circulaires des deux faisceaux inverses à coïncider, ou, si ces sections sont inégales, les amènent à être concentriques à moins de 1^{mm} près. Dès lors, la lunette montre des franges localisées très larges ou même, si le réglage a été particulièrement soigné, une plage brillante qui occupe la plus grande partie du champ et qui résulte de l'élargissement de la frange centrale.

3. *Un agrandissement spécial des franges* devient utile dans le cas des

longs circuits quand la largeur du champ de localisation des franges devient trop restreinte. Au lieu d'allonger outre mesure la distance focale de la lunette, ou de remplacer l'oculaire par un microscope qui a l'inconvénient d'agrandir, en même temps que les franges, le diamètre des fils du micromètre servant aux pointés, j'emploie une *méthode d'agrandissement par la production de franges non localisées*.

Cette méthode peut s'appliquer à d'autres interféromètres. Elle consiste à limiter la lumière incidente de façon à pouvoir dépointer notablement la lunette-viseur en dehors du plan de localisation primitif et observer des franges encore très nettes et agrandies. Cette méthode impose une limitation de la lumière incidente et une diminution d'éclat du champ d'interférence d'autant moindres que les franges sont moins nombreuses.

Exemple. — Circuit de 30^m de contour. Collimateur et lunette de distance focale : $0^m,55$. Ouverture utile de la lunette $0^m,05$. La source lumineuse est un filament de Nernst dont l'image est projetée à travers un diaphragme rond de 3^{mm} de diamètre, et à $1^m,50$ au delà de ce diaphragme, sur le petit trou rond ($1^{mm},4$ de diamètre) du col-



limateur; l'image de ce petit trou est faite par le collimateur au milieu du circuit (*fig.* 2). Quelques franges seulement étant visibles dans le champ, on peut dépointer la lunette-viseur de $0^m,05$ à partir du plan de localisation habituel sans cesser de voir les franges très nettes, et elles sont alors séparées par des intervalles de 1^{mm} ou 2^{mm} dans le plan du micromètre à fils.

4. *Inconvénients de l'interféromètre à glace argentée.* — La frange centrale est brillante, non pointable. Les deux franges qui la bordent sont des franges sombres colorées en dehors; leurs milieux théoriques ne correspondent pas exactement à la différence de marche d'une demi-longueur d'onde parce que l'argenture transparente produit une légère différence de phase entre les vibrations TT′ et RR′.

L'absorption par l'argenture affaiblit la lumière. La réflexion parasite à la seconde face de le lame de verre a un inconvénient analogue ; de plus elle trouble la pureté des interférences étudiées si la glace a des faces trop voisines d'être parallèles ; ou bien, si la glace est assez prismatique pour écarter la lumière réfléchie sur la face non argentée, la dispersion angulaire altère la symétrie des franges par rapport à la frange centrale.

La pureté des interférences n'est réalisable que si les amplitudes TT′ et RR′ sont à peu près égales, la lumière étant supposée polarisée dans l'un des azimuts principaux. Cette condition exige une incidence particulière qu'il faut trouver par tâtonnements et qui doit être retouchée si l'argenture transparente s'altère ou si l'on a dû la renouveler.

J'ai perfectionné l'interféromètre en remplaçant la glace argentée par un séparateur de vibrations que je décrirai ultérieurement, construit de manière à supprimer les inconvénients signalés et donnant une frange centrale sombre ou colorée étroite, que j'ai pu pointer à $\frac{1}{1000}$ près de l'interfrange, dans le cas d'un circuit de 30^{m} de tour éclairé par un filament de Nernst.

PHYSIQUE. — *Absorption d'énergie par le passage d'un courant alternatif dans un gaz à la pression atmosphérique.* Note de M. A. Chassy, présentée par M. Lippmann.

En soumettant un gaz à un champ électrique alternatif suffisamment intense, ce gaz devient conducteur. On obtient ainsi ce que j'ai appelé le *second régime* dans ma Note de juillet 1909. Le gaz ne se conduit pas comme un conducteur proprement dit obéissant à la loi d'Ohm, car, si l'on fait croître la tension, le courant augmente plus rapidement.

Cependant, le rapport des valeurs du courant et de la tension tend vers une certaine limite qu'on atteint presque assez rapidement. D'après ce résultat, je pensais qu'en faisant croître la tension le gaz s'approchait de plus en plus de l'état de conducteur proprement dit, satisfaisant, par suite, aux lois d'Ohm et de Joule. Il est difficile de voir avec précision, en faisant varier les dimensions, si le gaz suit la loi d'Ohm. Il est plus facile de mesurer le dégagement de chaleur et de le comparer au courant débité.

L'appareil employé est un condensateur dont le diélectrique est formé de deux cylindres de verre concentriques dans l'intervalle desquels se trouve de l'hydrogène à la pression atmosphérique. Dans le cylindre intérieur, il y a un thermomètre. Ce condensateur est placé dans un cylindre Dewar rempli d'un liquide isolant. Dans un

autre dispositif plus sensible et suffisant pour des mesures relatives, le condensateur est simplement plongé dans un vase plein d'air. Pour obtenir la chaleur dégagée dans le gaz seul, il faut en retrancher celle qui se dégage dans le verre, car elle n'est pas négligeable. On l'obtient en remplaçant le gaz par un liquide conducteur. Celui-ci, ayant une résistance très faible, n'est pas le siège d'une dépense d'énergie appréciable, de sorte que la chaleur n'est alors dégagée que dans le verre.

En unités arbitraires, soit I l'intensité du courant qui alimente le condensateur et soit Q la chaleur dégagée. Dès que le second régime est franchement établi, on trouve que Q est presque proportionnel à l'intensité du courant, mais pas du tout au carré de l'intensité. Voici quelques nombres :

I.....	1	1,62	2,14	4,37	6,08	8,10
$\frac{Q}{I}$.....	0,21	0,21	0,23	0,24	0,24	0,24

Le rapport $\frac{Q}{I}$ varie donc peu. Cependant, pour les courants plus faibles que ceux qui sont cités, ce rapport diminue, mais je n'ai pas pu mesurer sa valeur avec une précision suffisante.

Quand le gaz est un diélectrique parfait il n'est traversé que par un courant de déplacement. Dans le second régime, il est traversé par un courant de conduction mais il est probable qu'il est en même temps le siège d'un courant de déplacement. C'est ainsi qu'on s'explique la variation du rapport $\frac{I}{E}$ de l'intensité à la tension appliquée E. Ce courant total I est la somme des courants de déplacement et de conduction. A mesure qu'on pénètre plus avant dans le second régime, le gaz s'éloigne de plus en plus de l'état de diélectrique et la proportion du courant de déplacement devient de plus en plus petite au profit du courant de conduction. On constate en effet que le gaz devient de plus en plus conducteur, car le rapport $\frac{I}{E}$ augmente avec E. Dès que la proportion du courant de déplacement devient négligeable on a un phénomène plus simple et le rapport $\frac{I}{E}$ devient presque constant. Dans le Tableau suivant, E désigne des milliers de volts et $\frac{I}{E}$ la valeur de ce rapport en unités arbitraires :

E.....	2,16	2,45	3,15	5,5	10	22
$\frac{I}{E}$.....	0,88	3	6,2	7	7,4	7,4

A propos de ces nombres, je rectifie une erreur de mon premier Mémoire. Elle provenait de la trop grande épaisseur du gaz qui m'empêchait de péné-

trer assez avant dans le second régime. La courbe reliant I à E n'est pas une droite; toutefois cette rectification n'altère en rien les conclusions du Mémoire.

Je pense que les variations du rapport $\frac{Q}{I}$ pour les tensions relatives au commencement du second régime proviennent des changements dans la proportion du courant de conduction. Pour les tensions plus grandes, j'attribue la petitesse de la variation de $\frac{I}{E}$ à la faible variation de la proportion du courant de conduction, provenant de ce que le courant de déplacement est négligeable et que, par suite, le courant de conduction est sensiblement égal au courant total I. J'admets que la même cause explique la faible variation de $\frac{Q}{I}$ pour les mêmes tensions.

Il me semble donc que la proportionnalité de la chaleur dégagée à l'intensité du courant doit être considérée comme une loi limite vers laquelle on tend lorsque le courant total croît. En pratique, on peut appliquer cette loi en faisant abstraction de la partie initiale du second régime. Dans l'exemple cité, le rapport $\frac{Q}{I}$ est nettement variable pendant que la tension varie de 2160 à 3150 volts; c'est la période initiale. Au contraire, il n'oscille que de 0,21 à 0,24 depuis 3150 volts jusqu'à 22000 volts. Ce n'est d'ailleurs que pendant cette seconde partie, la plus longue, que ce rapport a le plus d'intérêt pratique, car, dans la période précédente, le dégagement de chaleur est faible.

ÉLECTRICITÉ. — *Détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans force électromotrice auxiliaire.* Note de M. **Paul Jégou**, présentée par M. Lippmann.

Les détecteurs électrolytiques ont en général leurs deux électrodes en platine et, pour déceler les ondes hertziennes, exigent l'application d'une force électromotrice convenable (accumulateurs, potentiomètre).

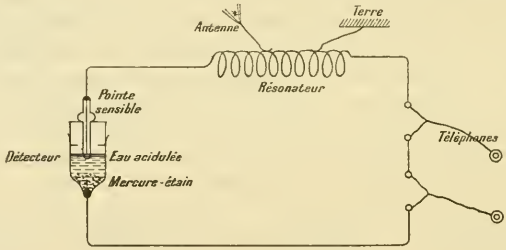
Sans inconvénient pour le fonctionnement, l'électrode *inactive* (par opposition à l'électrode très petite constituant la partie sensible ou *active* du détecteur) peut être constituée en un métal autre que le platine en le choisissant parmi ceux qui sont peu ou non attaqués par l'électrolyte employé.

Évidemment un léger couple électrique résulte de l'action de l'électrolyte sur les électrodes en métal différent et l'on constate que ces détecteurs possèdent tous une certaine sensibilité pour déceler les ondes sans le secours d'une énergie électrique auxiliaire.

Avec le plomb, la sensibilité est nettement inférieure à celle réalisée avec les détecteurs ordinaires, mais, ce qui est rare avec ces détecteurs, la sensibilité reste invariable dans le temps.

C'est avec un amalgame de *mercure pur* et d'*étain pur*, au contact d'un électrolyte d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique dans lequel plonge la pointe sensible semblable aux pointes sensibles des détecteurs ordinaires, qu'on obtient les résultats les plus surprenants et pratiquement intéressants.

Ces détecteurs possèdent une sensibilité comparable à celle des détecteurs ordinaires; cette sensibilité est invariable dans le temps et évidemment n'est aucunement altérée par les chocs et par les trépidations.



Réception avec montage indirect par dérivation.

Ce détecteur a été essayé dans les conditions de la pratique avec les montages indirects par *dérivation* et par *induction*.

En direct, il paraît très favorable de placer entre le détecteur et les récepteurs téléphoniques une légère self qui, sans doute, s'oppose à des diffusions des ondes par les téléphones (fuite résultante d'un phénomène de capacité joué par la membrane du téléphone).

Ce résultat d'expérience explique pourquoi dans le montage indirect par *dérivation*, il a été reconnu que le rendement était nettement augmenté en plaçant, contrairement au montage courant, le résonateur en série entre le détecteur et les téléphones, suivant le schéma (*fig.* 1).

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau modèle de balance pour la détermination des champs magnétiques.* Note de M. **Pierre Sève**, transmise par M. J. Violle.

Une des meilleures méthodes pour la mesure en valeur absolue des champs magnétiques uniformes et assez intenses est celle qui consiste à équilibrer par des poids l'action électrodynamique exercée sur un élément de courant de longueur et d'intensité connues placé dans le champ étudié perpendiculairement aux lignes de force. Le dispositif le plus commode pour réaliser cette expérience est la balance imaginée par M. Cotton ([1]). Dans cet appareil, pour éliminer l'action électrodynamique sur les éléments de courants voisins de l'élément utilisé, on constitue les conducteurs d'amenée et de sortie par des arcs de cercle concentriques ayant pour axe le couteau de la balance. Un instrument de précision basé sur ce principe a été étudié par M. Weiss et construit avec beaucoup d'habileté par M. Weber à Zürich ([2]). La concordance de mesures de champs effectuées par M. Weiss avec cet instrument et par des méthodes balistiques a été aussi bonne que possible.

Ayant eu à mesurer des champs magnétiques en valeur absolue, j'ai été amené à faire construire un appareil différant du précédent par quelques perfectionnements ([3]) qui en rendent le maniement plus commode.

L'appareil est représenté par la figure 1.

L'arc de verre ABCD, dont les faces utiles ont été travaillées à la façon des surfaces optiques sur des matrices en bronze, est recouvert d'une lame de cuivre laminée de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur, soigneusement appliquée à l'aide d'une tresse de soie ([4]). Le tout est ensuite recouvert d'un vernis non hygrométrique. Cet arc est beaucoup plus robuste que l'arc métallique évidé de la balance Weber qu'il faut manier avec beaucoup de soins, sous peine de déformations d'autant plus graves qu'il faut refaire une étude géométrique de l'arc pour s'en apercevoir. Enfin la longueur CB de l'élément utile se mesure aisément par l'application d'un palmer de précision avant et après l'adaptation de la lame de cuivre.

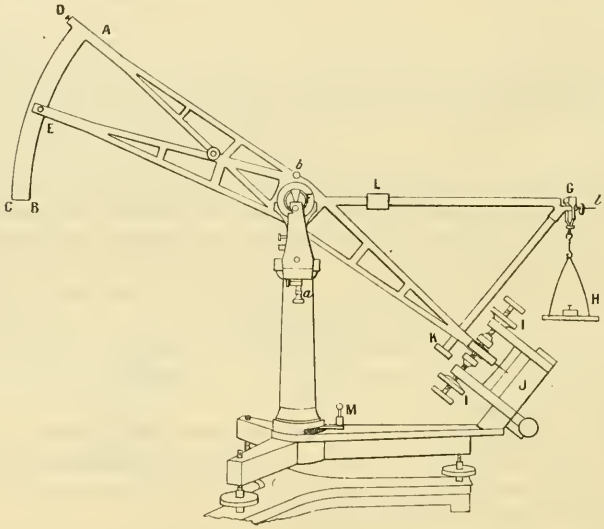
([1]) A. Cotton, *J. de Phys.*, 9e série, 1900, p. 383.

([2]) P. Weiss et A. Cotton, *J. de Phys.*, 6e série, 1907, p. 436.

([3]) L'appareil a été construit par la maison Pellin, qui a mis tous ses soins à sa bonne réalisation.

([4]) Des essais pour former la couche conductrice par argenture chimique, puis cuirage galvanoplastique, semblent devoir donner des résultats satisfaisants.

Le courant arrive par l'extrémité AD de l'arc à l'aide du bras DF qui est formé de deux pièces pareilles d'aluminium isolées l'une de l'autre et juxtaposées à petite distance, ce qui réduit au minimum les causes d'erreur dues au champ qui règne encore à distance de l'élément utile [1].



L'élément utile CB est horizontal, ce qui permet d'utiliser la balance à l'étude de champs où l'uniformité est réalisée sur une faible hauteur et une étendue horizontale notable, comme les champs fournis par les pièces polaires cunéiformes employés pour les mesures relatives à la biréfringence magnétique, à la mesure des susceptibilités par la méthode de Wills, etc. En outre l'horizontalité de l'élément facilite beaucoup l'installation de l'élément dans l'entrefer d'un aimant ou d'un électro. C'est pour réaliser cette condition d'horizontalité qu'on a dû compliquer un peu la forme du fléau.

Deux butoirs très délicats H et réglables par des vis limitent la course du fléau. On peut les écarter et libérer entièrement celui-ci en faisant basculer le système autour d'un axe J. Cette disposition permet de faire tourner le fléau d'angles notables autour du couteau F de façon à vérifier le centrage des pièces circulaires de l'arc. Les vis E, D, A permettent de corriger la position de l'arc si cette condition n'est pas réalisée.

Deux V commandés par le levier M et s'engageant dans deux couronnes concentriques au couteau permettent d'immobiliser le fléau, quelle que soit sa position.

---

[1] Dans les dispositifs antérieurs, l'amenée du courant se fait au milieu de l'arc.

Enfin il est possible d'enlever rapidement le fléau de son support, ce qui peut être commode pour mesurer (par exemple au cathétomètre) les longueurs CF, BF et FG qui interviennent dans la constante de la balance. Enfin des contrepoids permettent de régler l'équilibre et la sensibilité.

Comme l'appareil supporte 10 ampères, les forces à mesurer atteignent 20^g pour 10000 gauss et la sensibilité n'a pas à être exagérée, ainsi que la protection contre les courants d'air.

La méthode qui a paru la plus commode pour la mesure des champs est la suivante :

L'électro étant excité et aucun courant ne passant dans la balance, on place un poids marqué P dans le plateau. On règle l'équilibre *approximativement* en se servant des contrepoids L et l. On règle les butoirs de façon que le fléau soit en bonne place quand il appuie sur le butoir supérieur. On limite par l'autre butoir la course à 1^{mm} ou 2^{mm} de l'échelle. On enlève le poids P et l'on envoie un courant de sens convenable et croissant. On note son intensité i_1 au moment où le fléau quitte le butoir supérieur. On place alors un poids 2P. On envoie un courant de sens inverse et décroissant. Le fléau quitte le même butoir pour une intensité $-i_2$. Les valeurs absolues i_1 et i_2 sont naturellement très voisines. Il est bon de refaire la première mesure pour s'assurer de la fidélité de l'appareil. On applique la formule habituelle en prenant la moyenne de i_1 et i_2.

Cette méthode élimine évidemment les actions magnétiques (l'action diamagnétique sur le verre est prépondérante) des matériaux de l'arc et de la balance.

Une mesure complète peut se faire en une fraction de minute et l'on peut, je crois, affirmer le millième sur le résultat d'une mesure soignée. Nous n'en n'avons pas moins comparé les résultats obtenus d'une part avec la nouvelle balance, d'autre part avec la balance à fléau évidé de Weber. La concordance a été aussi bonne que les erreurs sur la détermination des éléments géométriques permettaient de le prévoir.

PHYSIQUE. — *Sur la composition de l'atmosphère après le passage de la comète de Halley.* Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

Conformément à une suggestion faite par M. Ch.-E. Guillaume, j'ai utilisé ma méthode d'analyse des gaz rares de l'atmosphère pour constater si le passage de la Terre dans la queue de la comète de Halley ne modifierait pas dans une certaine mesure l'atmosphère terrestre, du côté, du moins, des gaz inertes peu condensables.

J'ai eu l'occasion (¹) de dire la sensibilité de cette méthode qui, dans notre usine de Boulogne-sur-Seine, s'applique à un débit de 350000^{l} d'air à l'heure. Or, cette méthode se prête aisément à une telle détermination. J'ai dit que le résidu non condensable qu'elle fournit (mélange de Az, Ne, He, H), traité par Mg et CuO, présente une densité sensiblement constante, 0,55 en moyenne, ce qui implique un rapport également constant du néon à l'hélium atmosphérique. Si de nouveaux gaz inertes (les autres pouvant être détruits avant leur diffusion dans l'atmosphère) et peu condensables (ceux dont il paraît le plus vraisemblable de supposer l'existence dans le froid énorme des espaces interplanétaires) venaient à être captés, il en résulterait, après diffusion, une variation dans la densité des résidus. La captation, par exemple, d'un seul *millionième* d'un gaz d'une densité égale ou inférieure à celle de l'hélium se traduirait par 5 pour 100 d'augmentation du résidu et par une variation de 3^{mg} dans la pesée de 100^{cm^3}. Cette faible captation serait donc très aisément décelable. Je néglige le cas bien improbable où le gaz capté présenterait lui-même une densité voisine de 0,55 ou serait un mélange Ne + He dans la proportion même de l'atmosphère, cas où la captation ne se traduirait que par l'augmentation des résidus, facteur moins sûr à apprécier que le changement de densité, et qu'au reste je n'ai pu constater.

Les résultats ont été les suivants :

Densité des résidus le 17 mai (4 heures d'observations).	0,555 à 0,565
» 19 mai, 9^h à 12^h (3 heures).....	0,560 à 0,570
» 20 mai	0,550 à 0,570
» 23 mai	0,550 à 0,570

Les différences sont de l'ordre des erreurs d'expérience. Il est donc probable que, de ce côté du moins des gaz inertes peu condensables, la composition de l'atmosphère n'a pas varié.

PHYSIQUE. — *Sur une modification de la résistance de l'air produite par des rugosités convenablement disposées sur la surface d'un corps.* Note de M. **A. Lafay**, présentée par M. Maurice Hamy.

Lorsqu'on place dans un courant d'air, que nous supposerons horizontal, un corps poli cylindrique dont les génératrices, également horizontales, sont perpendiculaires à la direction primitive du courant, l'air s'infléchit de part et d'autre de ce corps et l'on observe sur la face frappée par le vent un point où ce fluide se trouve à très peu près à l'état de repos.

(¹) *Comptes rendus*, 1er juin 1909.

En cet endroit la pression atteint sa plus grande valeur et surpasse la pression atmosphérique ambiante d'une quantité qui peut pratiquement se déduire de la vitesse du courant par la formule de Torricelli.

Si l'on s'éloigne de ce point, en suivant dans un sens ou dans l'autre le contour de la section droite du corps, la pression diminue et devient égale à celle de l'atmosphère dès que le plan tangent au cylindre fait avec l'horizon un angle de 60° à 50°; au delà la diminution continue et l'on atteint rapidement une zone où la dépression est maximum. Cette zone se trouve du côté directement frappé et l'inclinaison correspondante de la tangente au profil oscille suivant les conditions expérimentales entre 20° et 10°. Plus loin la pression augmente et atteint une valeur, inférieure à la pression atmosphérique, qui demeure à peu près constante dans toute la région postérieure du corps.

Pour donner une idée précise de ces variations, nous indiquons, dans la première ligne du Tableau ci-après, l'expression en millimètres d'eau des pressions supportées par différents points d'un cylindre circulaire de 11^{cm} de diamètre placé dans un courant de 22^{m} par seconde.

Les pressions ont été évaluées en prenant comme origine celle de l'atmosphère et les divers points du profil sont déterminés par l'angle α que fait le rayon correspondant avec le rayon horizontal dirigé contre le vent.

La valeur de la plus grande dépression atteint dans cet exemple les $\frac{5}{3}$ de l'excès de pression du point antérieur ($\alpha = 0°$).

Dans tous les cas, le maximum de dépression, dont la valeur augmente rapidement avec la vitesse du vent, est numériquement très nettement supérieur à la surélévation de pression qui existe à l'avant du cylindre et il est facile de vérifier *qualitativement* que dans la région où il se produit le gaz contourne le cylindre avec une vitesse supérieure à la vitesse d'ensemble du courant. La zone d'aspiration intense correspondante est donc le résultat d'une détente.

Dans ces conditions il était naturel de penser qu'en atténuant par un procédé quelconque la vitesse locale du fluide on obtiendrait une diminution correspondante de la dépression; or, il suffit, pour atteindre ce but, de transformer cette région lisse en région rugueuse.

Pour cela nous y avons collé de la sciure de liège obtenue à l'aide d'une râpe à gros grains.

La seconde ligne de notre Tableau indique les résultats obtenus lorsque les rugosités disposées en bandes longitudinales et sous une épaisseur de 1^{mm} environ occupent l'espace compris entre $\alpha = -20°$ et $\alpha = -80°$.

Pressions en divers points du profil.

								Région rugueuse.							
Face inférieure α..	−180°	−150°	−120°	−110°	−100°	−90°	−80°	−70°	−60°	−50°	−40°	−30°	−20°	−10°	0°
Cylindre lisse.....	−9mm	−10mm	−12mm	−19mm	−37mm	−45mm	−49mm	−48mm	−38mm	−25mm	−10mm	+7mm	+21mm	+29mm	+30mm
Cylindre avec secteur rugueux....	−10mm	−10mm	−11mm	−11mm	−11mm	−12mm	−12mm,5	−12mm,5	−10mm,5	−6mm	+6mm	+15mm	+24mm	+30mm	+30mm
Face supérieure α..	180°	150°	120°	110°	100°	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
Cylindre lisse.....	−9mm	−10mm	−12mm	−19mm	−37mm	−45mm	−49mm	−48mm	−38mm	−25mm	−10mm	+7mm	+21mm	+29mm	+30mm
Cylindre avec secteur rugueux....	−10mm	−10mm	−15mm	−21mm	−35mm	−45mm	−53mm	−52mm	−45mm	−38mm	−27mm	−12mm	+5mm	+22mm	+30mm

La dépression est presque réduite au quart de sa valeur primitive et le cylindre aspiré plus énergiquement par sa partie supérieure se trouve soumis à une poussée verticale.

La mesure directe de cette poussée nous a donné $1^{kg},200$, la traînée correspondante étant de $0^{kg},870$. Lorsque la surface est lisse cette traînée se réduit à $0^{kg},740$. (Longueur du cylindre $0^{m},50$.)

Il y a également lieu de remarquer que l'obstacle opposé à la circulation de l'air sur la partie inférieure a pour effet de rendre plus énergique l'écoulement dans la région supérieure et la dépression s'y trouve par suite augmentée.

L'utilisation de rugosités convenablement disposées permet donc d'atténuer l'effort néfaste dû à la zone de dépression qui se développe sur la face inférieure des corps animés d'une translation parallèle au sol. Mais, quand on cherche à appliquer cette méthode à un cylindre ayant pour section droite le profil d'une aile *bien étudiée* on constate que par suite de la forme donnée à ce profil la zone d'aspiration inférieure n'existe pratiquement plus.

On peut cependant obtenir encore dans certains cas un léger bénéfice en disposant convenablement des aspérités sur la face inférieure, car en entravant la circulation de l'air elles produisent une surpression locale et ont pour effet indirect d'augmenter l'écoulement du fluide et par suite la dépression sur la face supérieure qui doit être naturellement aussi lisse que possible.

En opérant ainsi on peut obtenir une augmentation proportionnelle des facteurs essentiels poussée et traînée, d'où la possibilité de réduire un peu les dimensions de l'aile.

Les considérations précédentes s'étendent évidemment aux profils des pales d'hélices et, comme dans ce cas des nécessités de construction empêchent de réaliser sur toute la longueur de la pale le profil aérodynamique optimum, l'application de stries convenablement placées pourra contribuer à l'amélioration de ces appareils.

OPTIQUE. — *Sur la structure des raies spectrales.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

Ayant été amené à étudier la structure des raies spectrales avec des appareils dont le pouvoir dispersif est considérable, tels que le spectroscope à échelons de Michelson ou la lame de Lummer et Gehrcke, je voudrais indiquer ici comment on peut lever l'indétermination qui se présente dans l'emploi de certains de ces dispositifs.

Avec la lame de Lummer et Gehrcke qui permet l'usage d'un faisceau large, on aperçoit dans le champ un phénomène périodique qui, pour une raie spectrale simple, se réduit à une série de lignes brillantes A, B, C, ..., séparées par des intervalles obscurs, chacune de ces lignes correspondant à un maximum lumineux d'un certain ordre d'interférence.

Avec l'échelon, qui exige l'emploi d'un faisceau limité par une fente étroite, l'intensité est concentrée sur un petit nombre de maxima, et l'on peut, pour une position convenable de l'échelon, avoir, dans le cas d'une radiation simple, un maximum principal accompagné de part et d'autre de quelques autres maxima très atténués; en tournant légèrement l'échelon on peut obtenir deux maxima voisins égaux entre eux et c'est généralement dans cette position qu'il est commode d'utiliser l'appareil de Michelson.

Avec ce dispositif comme avec celui de Lummer et Gehrcke, on a un intervalle fondamental formé par deux lignes telles que B et C, par exemple, qui correspond pour une même longueur d'onde λ à une variation de l'ordre d'interférence égal à l'unité, et, pour un même numéro d'ordre à une variation de longueur d'onde égale à une certaine grandeur ε qu'on peut calculer d'après les constantes de l'appareil (épaisseur, indices des lames, etc.).

Dans ces conditions, lorsqu'on aperçoit dans l'intervalle fondamental une raie brillante supplémentaire dont la position partage cet intervalle BC dans le rapport de m à n on en conclut (si le retard augmente de B vers C) que le satellite en question présente par rapport à la raie principale une variation de longueur d'onde égale à

$$+\frac{m}{m+n}\varepsilon,$$

si cette radiation est rapportée à A, c'est-à-dire si sa longueur d'onde est

supérieure à celle de la première raie et à

$$-\frac{n}{m+n}\varepsilon;$$

si on la rapporte à B, sa longueur d'onde étant supposée inférieure à celle de la radiation principale.

Les conclusions seraient différentes et les valeurs possibles seraient $-\frac{m}{m+n}\varepsilon$ et $+\frac{n}{m+n}\varepsilon$, si le retard diminuait en allant de A vers B; mais il n'y a pas, en général, d'incertitude sur ce point, car on est renseigné par l'orientation des appareils ou par l'aspect du champ, c'est-à-dire par la loi de variation pour les largeurs des intervalles successifs AB, BC, CD, etc.; cette loi est d'ailleurs différente et presque inverse dans les franges des lames argentées de Fabry et Perot et dans les interférences de la lame de Lummer et Gehrcke.

Il y a donc incertitude entre les valeurs

$$+\frac{m}{m+n}\varepsilon \quad \text{et} \quad -\frac{n}{m+n}\varepsilon,$$

la première pouvant d'ailleurs être augmentée, et la seconde diminuée d'un nombre entier de fois ε, si le satellite considéré entre B et C doit être rapporté à d'autres origines telles que A ou D, en ce qui concerne son numéro d'ordre. Pour lever cette indétermination [1], il suffit de répéter ces mesures en utilisant un dispositif semblable mais de *constante différente*, si bien que l'intervalle fondamental étant calculé et ayant une valeur différente ε', la radiation satellite divisant cette fois l'intervalle fondamental dans le rapport de m' à n', on hésitera maintenant entre les valeurs

$$+\frac{m'}{m'+n'}\varepsilon' \quad \text{et} \quad -\frac{n'}{m'+n'}\varepsilon'$$

dont une seulement coïncidera avec une des précédentes, indiquant ainsi celle qu'on doit adopter.

J'ai pu éprouver la valeur de cette méthode en utilisant des couples d'échelons ou de lames de Lummer, qu'en vue d'études spectroscopiques j'ai fait construire par Hilger sur des données différentes et j'indiquerai dans le Mémoire complet le détail des mesures que j'ai faites à ce sujet.

---

[1] Cette indétermination ne se présente pas lorsque le retard varie d'une façon continue et c'est encore là un des avantages offerts par le dispositif si remarquable du spectroscope interférentiel de Fabry et Perot.

MAGNÉTISME. — *Sur la précision dans la mesure des susceptibilités magnétiques.* Note de M. **C. Chéneveau**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note *Sur la mesure des susceptibilités magnétiques des corps solides*, parue aux *Comptes rendus* du 25 avril 1910, p. 1054, M. Pascal dit, entre autres choses :

« .... J'ai montré comment la méthode du tube en U pouvait donner à $\frac{1}{200}$ près les susceptibilités magnétiques.... »; puis, après avoir décrit une méthode nouvelle, ajoute « .... on peut compter, en moyenne sur le $\frac{1}{150}$, résultat qu'il serait peut-être hasardeux d'attendre d'autres appareils courants, comme par exemple, le modèle commercial de l'appareil de Curie.... »

Ces conclusions, étant présentées de cette manière générale, il m'a paru nécessaire de résumer ici les résultats qu'on obtient lorsqu'on compare quelques méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques, au point de vue de leur précision.

En toute logique, la comparaison des méthodes doit être faite avec un même corps et un même champ magnétique.

Prenons l'eau comme corps de comparaison.

Dans la méthode de la balance de torsion de Curie, telle qu'elle est réalisée dans l'appareil à amortissement magnétique, dont le caractère réellement pratique est attesté par de nombreux observateurs (1), on obtient, avec le fil de platine de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre, une déviation d'au moins 10^{cm} sur une échelle placée à 2^{m}, la correction due au tube de verre contenant le liquide étant effectuée. L'expérience montre que la détermination peut se faire à 1^{mm} ou 2^{mm} près, suivant le soin apporté à la mesure et bien qu'on puisse nettement apprécier le $\frac{1}{2}$ millimètre sur l'échelle.

Cela fait donc une erreur relative maximum comprise entre 1 pour 100 pour les bonnes observations et 2 pour 100 pour les mauvaises.

Pour le champ maximum de l'appareil, 1000 gauss environ (2), la dénivellation, produite dans un tube en U et calculée par la formule de Quincke, serait de 4^{μ}, c'est-à-dire inappréciable avec un microscope à oculaire micrométrique permettant de faire la mesure à 5^{μ} près. Dans la nouvelle méthode proposée par M. Pascal, le calcul montre que la force à mesurer par la balance serait $0^{mg},15$. Ces deux dernières méthodes sont donc inappli-

(1) Voir, en particulier, G. Urbain, *Comptes rendus*, t. 150, p. 913; Dr Drysdale et A.-C. Jolley, *Phys. Soc. of London*, 22 avril 1910.

(2) En réalité, le champ, à l'endroit du maximum de la dérivée, est plus petit que celui indiqué, ce qui avantage les autres méthodes.

cables dans le cas où la première est possible, et il faut songer, pour les utiliser, à employer des champs très intenses. Mais l'emploi de champs très puissants, créés par de forts courants, peut entraîner une erreur, parfois notable, due à la variation de température, et dont l'ordre de grandeur est difficile à estimer.

Par exemple, dans la nouvelle méthode que propose M. Pascal, en admettant la sensibilité indiquée, un champ de 10000 gauss donnerait, pour l'eau, une force de de 15^{mg} environ et, pour obtenir l'erreur indiquée de $\frac{1}{150}$, il faudrait déterminer cette force à $0^{mg}.1$ près. Or ce résultat est inadmissible : d'une part, parce que l'erreur dans une mesure n'est pas seulement celle de l'instrument de mesure, mais dépend aussi des conditions de l'expérience et, d'autre part, parce que ces conditions mêmes s'y opposent. Une pesée au $\frac{1}{10}$ de milligramme demande un équilibre de température qui ne peut exister dans le dispositif de M. Pascal, à cause du courant d'air chaud créé dans la cage de la balance par l'échauffement de l'électro-aimant. Dans le cas d'un corps solide en poudre, peut-on répondre d'ailleurs d'une telle approximation?

Les conclusions précédentes sont encore plus valables si, comme dans la méthode du tube en U, on emploie des champs de l'ordre de 20000 gauss; pour l'eau on a bien une précision de $\frac{1}{300}$ en admettant la lecture de la dénivellation à 5^{μ} près; mais si l'on tient compte des difficultés expérimentales, on arrive à la conclusion même de M. Pascal que cette méthode est suffisante quand on ne désire pas dépasser une précision de $\frac{1}{100}$ (¹).

Si, d'ailleurs, l'échauffement notable de l'électro-aimant n'affecte pas d'une manière sensible la susceptibilité magnétique de l'eau, il n'en sera pas de même avec des liquides ou solutions magnétiques.

Ainsi la sensibilité qu'on n'a, par d'autres méthodes, qu'avec des champs très intenses créés par des électro-aimants encombrants, est obtenue dans la balance de Curie, telle qu'elle est réalisée, avec des champs peu intenses qui permettent alors l'emploi d'un aimant et n'introduisent aucune erreur de température; néanmoins la précision est au moins équivalente à celle des méthodes utilisant des champs puissants.

Évidemment, comme la précision, caractérisée par l'erreur relative, varie pour une erreur absolue donnée, avec la grandeur du coefficient à déterminer, elle est plus grande avec des liquides ou des solides paramagnétiques qu'avec un liquide diamagnétique tel que l'eau; mais elle augmente en même temps pour toutes les méthodes, et l'avantage restera toujours à la méthode la plus sensible, si elle est la plus simple et la plus exacte, qu'on accroisse la valeur du champ ou celle de la grandeur à mesurer.

(¹) *Journal de Physique*, décembre 1908.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet de la pénétration dans les diélectriques.* Note de M. **Louis Malclès**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons comparé les résidus d'une lame isolante solide (gutta ou caoutchouc) ou d'une nappe liquide (huile de vaseline) en posant d'abord le plateau métallique chargé sur l'une des faces de la couche résiduelle, puis en interposant entre le métal et l'isolant un diélectrique parfait, c'est-à-dire une matière certainement imperméable à l'électricité; nous avons, dans les deux cas, obtenu des résidus identiques d'où il résulte que les effets résiduels ne peuvent être dus à une pénétration des charges [1].

La substance choisie pour faire obstacle au passage de l'électricité n'est autre que cette parafine dure extraite de l'ozokérite, exempte, comme on sait, de tout résidu et dont les propriétés exceptionnelles ont fait l'objet d'une précédente Note [2].

Trois lames isolantes, dont deux en ozokérite, sont disposées entre les plateaux d'un condensateur à anneau de garde en relation, par l'une des armatures, avec une source de potentiel et par l'autre avec un électromètre sensible. La substance à résidu est, tantôt entre deux boucliers d'ozokérite, tantôt entre ce diélectrique et le métal. Ainsi les éléments de la couche isolante totale se retrouvent dans les deux cas; il n'y a de changé que l'ordre dans lequel on les a superposés. Les charges induites sont compensées, à tout instant, par l'action combinée d'un condensateur tare, de capacité constante, chargé à un potentiel contraire, et d'un condensateur cylindrique à armatures mobiles symétriquement chargées et entraînables dans deux directions opposées. L'image observée sur l'échelle de l'électromètre étant, grâce à cette manœuvre, maintenue dans une position invariable, on note, à intervalles égaux les déplacements effectués, lesquels varient proportionnellement aux charges mises en jeu par le compensateur et, par suite, aux charges résiduelles qu'on veut mesurer.

Résultats. — I. *Gutta.* — 1° Nous avons groupé dans un Tableau les mesures du compensateur pendant la phase du résidu et exprimé en millimètres et centièmes de millimètre les déplacements effectués sur l'appareil pour maintenir l'équilibre. La disposition expérimentale est telle que les chiffres obtenus doivent décroître au fur et à mesure que les résidus augmentent;

---

(1) En 1890, M. Bouty avait déjà démontré, par une méthode tout à fait différente de la mienne, que le mica, diélectrique à résidu, ne donne lieu à aucune pénétration des charges (*Comptes rendus*, t. CX, p. 846).

(2) *Comptes rendus*, 1907, p. 264.

leur extrême limite est 2,32; elle n'est atteinte qu'au bout d'un temps très long.

	Résidus d'une lame de gutta.		
		Non contact.	
Temps.	Contact. V = 200 volts.	V = 200 volts.	V = 800 volts.
min.			
1.....	8,88	8,91	8,94
2.....	8,35	8,41	8,48
3.....	7,92	8,06	8,08
4.....	7,53	7,70	7,77
5.....	»	7,32	7,46
10.....	6,21	6,13	6,27
20.....	4,75	4,72	
30.....	4	4,04	
40.....	3,59	3,53	
50.....	3,24	3,23	

La concordance des résultats montre que le fait de modifier l'ordre de superposition des lames et d'appliquer ou non le métal sur le diélectrique à résidu n'entraîne aucune variation appréciable. Les écarts observés sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience.

2° L'effet étudié pouvant devenir appréciable aux tensions plus élevées nous avons fait des mesures à 800 volts au lieu de 200. Les résultats, groupés dans la dernière colonne du Tableau précédent, ne présentent encore, par rapport aux chiffres voisins, que des écarts négligeables.

3° Enfin nous avons trouvé que la compensation des charges instantanées correspondait à $12^{mm},5$ et que cette position convenait aux deux manières de disposer la lame. La constante diélectrique calculée, d'après les formules théoriques établies pour l'appareil, est 2,09.

II. *Caoutchouc.* — 1° Avec une lame de pur para, touchant ou non le métal, un équilibre rigoureux s'est produit au bout de 1 minute à $7^{mm},20$. D'autre part, la compensation des charges instantanées correspond à $8^{mm},9$. La constante diélectrique vraie est 3; la constante diélectrique apparente correspondant à l'équilibre final serait 4,4. L'équilibre final étant d'une stabilité parfaite, le nombre 4,4 est caractéristique de la substance, au même titre que la constante diélectrique initiale.

2° Sur un échantillon de feuille anglaise, examinée aussi dans les deux conditions, l'équilibre a été obtenu presque instantanément dans la position $2^{mm},32$ à laquelle correspondrait une constante diélectrique infinie;

c'est-à-dire que la lame est conductrice. La compensation des charges instantanées s'est faite au voisinage de $6^{mm},3$ nous en avons déduit $k = 2$.

III. *Huile de vaseline.* — Le liquide est contenu dans une cuvette cylindrique, en ozokérite, qui peut être fermée soit par un disque métallique, soit par une lame d'ozokérite.

Les mesures au compensateur, faites de minute en minute à 200 volts, ont donné les résultats suivants (la première ligne correspond au contact du liquide et du métal, la deuxième au contact du liquide et de l'ozokérite) :

5,50	7,15	8,35	9,45	10,30	11,10	11,70	12,20	12,65	13
5,56	7,30	8,58	9,68	15,45	11,30	11,90	12,45	12,90	13,25

Ici encore aucune différence essentielle n'est assez manifeste pour déceler une pénétration.

En résumé, dans les limites ou nous avons opéré, c'est-à-dire jusqu'à 800 volts, on peut être certain qu'une nappe diélectrique solide ou liquide, dont une seule face touche le métal, n'est pas *pénétrée* par l'électricité du conducteur adjacent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solubilité du sulfate d'argent dans les sulfates alcalins.* Note [1] de M. **Barre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans le but de rechercher si le sulfate d'argent était susceptible de donner des sels doubles avec les sulfates alcalins, j'ai étudié la solubilité de ce corps dans des solutions de concentration croissante en sulfate alcalin à différentes températures, depuis la température ordinaire jusqu'à 100°.

Je ne dirai rien de la solubilité du sulfate d'argent dans le sulfate de potassium et le sulfate d'ammonium, qui ne présente aucune particularité bien intéressante; elle croît régulièrement avec la concentration en sel alcalin. Les courbes obtenus aux différentes températures en portant en abscisse le sulfate alcalin et en ordonnée Ag^2SO^4 dans la solution, sont des droites pour le sulfate de potasse, presque des droites pour le sulfate d'ammoniaque.

Bien différents sont les résultats obtenus avec le sulfate d'argent et le sulfate de soude. Au-dessous de 33°, c'est-à-dire tant que le sulfate de soude est à l'état hydraté, la solubilité du sulfate d'argent croît proportionnellement

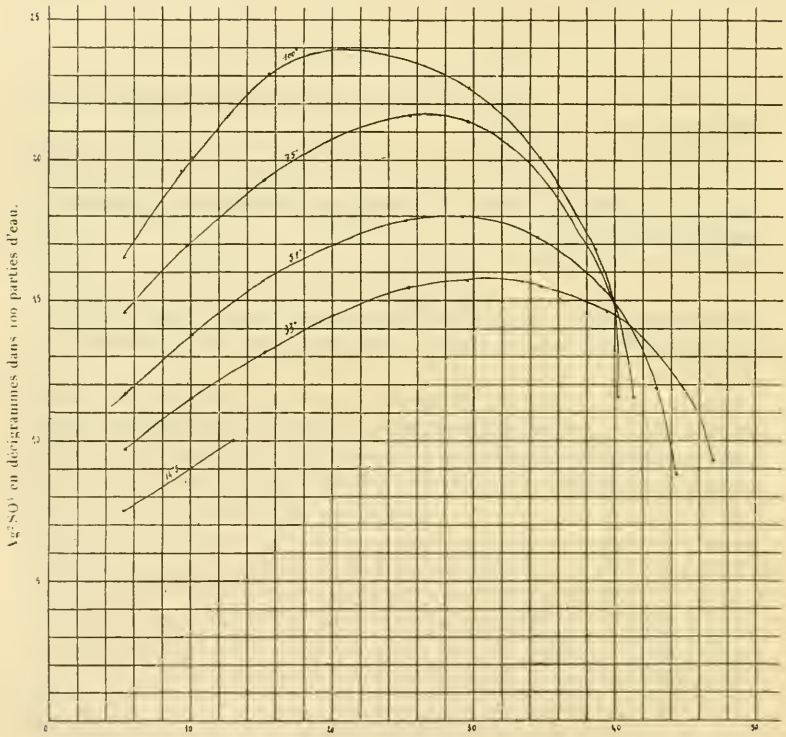
---

[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

à la concentration en Na^2SO^4; on obtient par exemple à 14°, 5 :

Ag^2SO^4 dans 100 parties d'eau.	Na^2SO^4 dans 100 parties d'eau.
0,741	5,278
0,904	10,103
1,003	13,045

Mais à partir de 33°, dès que le sulfate de soude est anhydre, il n'en est



plus de même. Voici les chiffres obtenus aux différentes températures, rap-

portés à 100 parties d'eau :

I. — Température, 33°.

Ag^2SO^4.	Na^2SO^4.
0,972	5,345
1,150	10,056
1,320	15,185
1,448	20,093
1,548	25,412
1,570	29,556
1,549	34,732
1,462	39,447
1,199	44,693
0,932	46,976

II. — Température, 51°.

Ag^2SO^4.	Na^2SO^4.
1,173	5,407
1,377	10,116
1,572	15,146
1,705	20,247
1,787	25,196
1,802	29,230
1,727	34,625
1,540	39,302
1,188	42,914
0,882	44,464

III. — Température, 75°.

Ag^2SO^4.	Na^2SO^4.
1,458	5,368
1,697	9,813
1,934	15,260
2,075	19,978
2,161	25,556
2,138	29,662
1,910	35,278
1,603	38,944
1,156	41,365

IV. — Température, 100°.

Ag^2SO^4.	Na^2SO^4.
1,651	5,336
2,012	10,153
2,312	15,532
2,351	25,451
2,260	29,714
2,012	34,718
1,687	38,635
1,158	40,160

Les courbes obtenues en portant Na^2SO^4 en abscisse et Ag^2SO^4 en ordonnée ont, comme on le voit, une forme particulière; elles présentent un maximum, mais pas de point anguleux. L'analyse du résidu solide m'a montré la présence du sulfate de soude à côté du sulfate d'argent; la quantité de Na^2SO^4 augmente régulièrement avec la concentration en sulfate de soude de la solution : en un mot, il y a formation de cristaux mixtes, comme le montrent les résultats suivants d'analyse :

Température : 75°.

Sulfate de soude		
dans 100 p. d'eau.	dans 100 p. de sel dissous.	dans 100 p. de sel solide.
14,90	88,58	3,63
19,16	90,33	6,90
23,22	91,56	11,34
28,07	92,85	17,81
32,93	94,22	24,82
36,08	95,12	36,45
39,38	96,26	50,22

Les courbes de solubilité présentent en outre la particularité assez curieuse de venir se couper sensiblement toutes en un même point, correspondant à une concentration en Na^2SO^4 d'environ 40 pour 100. Donc, dans les solutions contenant moins de 40 pour 100 de Na^2SO^4, la solubilité des cristaux mixtes croît quand la température s'élève; pour une concentration en Na^2SO^4 supérieure à 40 pour 100, elle décroît au contraire; enfin pour une concentration en Na^2SO^4 de 40 pour 100 environ, la solubilité est indépendante de la température. Cette particularité résulte de la différence de signe de la chaleur de dissolution de Ag^2SO^4 et de Na^2SO^4. Le premier sel se dissout avec absorption de chaleur et, d'après une loi bien connue de la Mécanique chimique, sa solubilité croît avec la température. C'est exactement l'inverse pour Na^2SO^4. On conçoit que certains des cristaux mixtes de ces deux sels pourront avoir une chaleur de solution nulle.

C'est précisément ce qui arrive pour les cristaux mixtes se déposant de la solution à 40 pour 100 de Na^2SO^4. La quantité de sulfate de soude contenue dans ces cristaux aux différentes températures est la suivante :

Température.	Na^2SO^4 pour 100.
33°	26,95
51	34,68
75	50,22

J'ai vérifié ce renversement du signe de la chaleur de dissolution pour les deux températures de 33° et de 51°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression.* Note de MM. **E. Briner** et **A. Wroczynski**, présentée par M. G. Lemoine.

Dans une précédente Note [1] nous avons signalé qu'on pouvait décomposer le gaz oxyde d'azote NO à la température ordinaire, avec une pression suffisamment élevée.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1372. La pression à partir de laquelle cette décomposition se manifeste, par la coloration bleue caractéristique de N^2O^3, n'est pas 28^{atm}, chiffre indiqué dans cette Note à la suite d'une erreur d'impression, mais 380^{atm}.

Pour bien préciser l'action de cette pression élevée, assimilable à une catalyse, nous avons étudié d'autres systèmes gazeux, dans des limites de pression et de température aussi étendues que possible.

On remarquera que les transformations qui nous intéressaient sont essentiellement irréversibles, c'est-à-dire persistent après la détente.

Mode d'expérience. — L'ampoule, qui contient le gaz à comprimer se termine à sa partie inférieure, par un tube capillaire, sur lequel on a tracé un repère.

L'ampoule étant remplie à une pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique, on s'arrange pour que le ménisque de mercure arrive au repère et on lit la pression au cathétomètre, en notant la température. Le gaz est ensuite comprimé, après quoi, l'ampoule étant replacée sur la cuve à mercure, on lit de nouveau la pression à volume constant.

Protoxyde d'azote. — Sous plus d'un rapport il se comporte comme le gaz oxyde d'azote NO; il est endothermique et il se décompose aussi en ses éléments à une température élevée (¹). En maintenant le gaz pendant plusieurs heures à 600^{atm} et à des températures allant jusqu'à 420°, nous n'avons pas observé, après détente, la plus petite augmentation de pression. Peut-être l'action de la pression se manifeste-t-elle aux températures supérieures à 420°, que nous n'avons malheureusement pu atteindre, car les tubes ne résistaient plus à la pression. Ces expériences montrent donc que le protoxyde d'azote est beaucoup plus stable que l'oxyde d'azote à de hautes pressions; la condition nécessaire à sa décomposition semble être, avant tout, une température élevée, capable de désagréger la molécule.

Azote et hydrogène. — Nous avons soumis ce mélange à des pressions élevées. Là encore nous n'avons pu constater d'action chimique à la température ordinaire, bien que nous ayons maintenu le mélange à des pressions voisines de 900^{atm}, pendant plusieurs heures. Il est possible cependant que des pressions plus élevées agissant à des températures supérieures à la température ordinaire, provoquent la formation d'ammoniac, comme cela semble résulter d'un récent travail de M. Haber (²) qui a eu recours à l'action combinée de la température, de la pression et d'un catalysateur.

Oxyde de carbone. — Ce gaz renferme en lui-même une réserve d'énergie disponible puisque sa décomposition en ($CO^2 + C$) dégage $38^{Cal},7$. Cette décomposition a d'ailleurs été constatée par Henri Sainte-Claire Deville et

---

(¹) Berthelot, *Comptes rendus*, t. LXXVII, 1873, p. 1448. — Meyer, *Pyrotechnische Untersuchungen*, p. 62. — Hunter, *Zeit. für phys. Chemie*, t. LIII, 1905, p. 441.

(²) *Zeit. für Elektrochemie*, t. XVI, 1910, p. 244.

même au rouge sombre par Berthelot ([1]). La réaction de décomposition de l'oxyde de carbone est notablement accélérée par des catalyseurs tels que : charbon, poudres métalliques, etc. ([2]) ; avec la poudre de nickel, la décomposition devient déjà appréciable un peu au-dessous de 300°. Sans catalyseur le gaz oxyde d'azote peut être considéré comme stable en tous cas jusque vers 550°. Rappelons encore que la courbe des produits pv en fonction de p, établie par M. Amagat à la température ordinaire et jusqu'à 400^{atm} environ, revêt une allure absolument normale, ce qui démontre que dans ces conditions aucune décomposition n'est intervenue. Après avoir maintenu l'oxyde de carbone à la température ordinaire sous des pressions allant jusqu'à 800^{atm} pendant plusieurs jours, nous n'avons pu constater de contraction permanente, même en présence d'amiante platinée. Il paraissait donc nécessaire d'opérer à des températures plus élevées.

Nous avons alors soumis notre gaz à une pression de 400^{atm} tout en le chauffant à 320°–330° ; nous nous sommes assuré que le ménisque de mercure était en dehors de la zone de chauffe afin d'éviter toute action catalytique de ce métal.

A cette température de 320°, déjà à une pression de 400^{atm} après une dizaine d'heures, il se produit une notable décomposition caractérisée par une légère contraction permanente. Pour accélérer la décomposition, nous avons alors opéré à la pression de 600^{atm} toujours à la même température : après 9 heures, nous avons observé une dénivellation de 11^{mm}, soit une diminution de 1,5 pour 100 ; après 20 heures, la dénivellation totale atteignait 67^{mm}, soit une diminution totale de 10 pour 100 environ. En outre, dans la partie chauffée du tube, nous avons constaté la présence d'un léger dépôt gris noir ; c'est sans doute à l'action catalytique de ce dépôt qu'est due la marche de plus en plus rapide de la décomposition. Un autre échantillon de l'oxyde de carbone comprimé dans les mêmes conditions pendant 11 heures contenait 5,5 pour 100 d'acide carbonique. Quant à la nature chimique du dépôt, nous ne pouvons encore nous prononcer à cet égard, la quantité formée étant par trop faible. C'est soit du carbone très divisé, soit un des oxydes inférieurs de carbone dont Berthelot ([3]) a constaté la formation dans l'action de l'effluve sur l'oxyde de carbone et qui se forment en même temps que l'acide carbonique par décomposition de l'oxyde de carbone suivant l'équation

$$nCO = C_{n-1}O_{n-2} + CO_2$$

([1]) Deville, *Comptes rendus*, t. LIX, 1864, p. 873. — Berthelot, *Bul. Soc. chim.*, 3e série, t. V, 1891, p. 567.

([2]) M. Boudouard, *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, t. XXIV, 1901, p. 5. — Schenk et Zimmermann, *Ber. der deutsch. chemisch. Gesellschaft*, t. XXXVI, 1903, p. 1231. — Schmits et Wolff, *Zeit. für phys. Chemie*, t. XLV, 1905, p. 199.

([3]) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 132.

La décomposition de l'oxyde de carbone, comme celle de l'oxyde d'azote, met une fois de plus en évidence l'action chimique d'une pression suffisamment élevée. D'autre part, le fait que la pression agit comme catalysatrice milite en faveur de l'hypothèse d'après laquelle l'action catalytique d'une substance résulte d'une sorte de condensation des gaz à sa surface. Cette condensation, de même que l'élévation de la pression, rapproche les atomes et les met à même de réagir suivant leurs affinités les plus fortes.

Enfin cette action est plus ou moins efficace suivant les corps. Si l'édifice moléculaire est stable comme cela paraît être le cas pour le protoxyde d'azote, on aura plus de chance de décomposer les corps par une élévation de température, qui désagrège la molécule, que par une élévation de pression qui ne fait que rapprocher les atomes des différentes molécules.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions oxydantes. Combustions du cyanogène et de l'ammoniaque; synthèse de l'acide formique.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henri Gaudechon**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Les rayons ultraviolets jouissent de facultés oxydantes très marquées, dues en partie à leur propriété d'ozoniser l'oxygène, mais surpassant celles de l'ozone dans les mêmes conditions. Nous les avons étudiées suivant la technique déjà décrite (*Comptes rendus*, 9 mai 1910).

Combustion du cyanogène. — *Mélange de cyanogène et d'oxygène.* — Volume initial, $3^{cm^3},56$, formé de $2^{cm^3},10\ C^2Az^2 + 1^{cm^3},46\ O^2$. Exposition de 2 heures à la lampe 220 volts à 4^{cm} de distance. Volume final, $3^{cm^3},02$, formé de $1^{cm^3},46\ CO^2$ (volume égal au volume primitif d'oxygène) $+ 0^{cm^3},72\ Az^2$ (volume sensiblement moitié du précédent) $+ 0^{cm^3},84\ C^2Az^2$ gazeux. Les $0^{cm^3},54$ de cyanogène manquants ont été précipités sur les parois du tube à l'état de paracyanogène; cette précipitation ne se produit pas en présence d'oxygène, et ne commence que quand tout l'oxygène a été brûlé. La réaction a eu lieu suivant l'équation théorique de combustion du cyanogène

$$\underset{2^{vol}}{C^2Az^2} + \underset{4^{vol}}{2\,O^2} = \underset{4^{vol}}{2\,CO^2} + \underset{2^{vol}}{Az^2}.$$

En présence de l'oxygène, les rayons ultraviolets ont déterminé une combustion à froid intégrale du cyanogène.

---

[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

Nous avons trouvé des résultats analogues dans deux autres expériences où l'oxygène était en excès; il est resté alors à la fin de l'oxygène non consommé; il n'y a pas eu de dépôt solide de paracyanogène; le mélange final contenait, outre l'anhydride carbonique et l'azote, une petite quantité d'oxyde de carbone.

Les expériences précédentes permettent de supposer que, dans la rencontre de l'atmosphère terrestre avec une queue cométaire riche en cyanogène, ce gaz serait entièrement brûlé dans les couches supérieures raréfiées de l'air où le rayonnement ultraviolet est très actif.

Quant à l'absence des raies des carbures d'hydrogène dans les comètes, puis à leur apparition quand elles s'approchent du Soleil, signalées par M. Deslandres, ne tiendraient-elles pas à la polymérisation à l'état solide de ces carbures, que nous avons signalée précédemment, dans les régions froides de l'espace, suivie de leur volatilisation dans les régions plus chaudes?

Combustion de l'ammoniaque. — *Mélange d'ammoniaque et d'oxygène.* — Volume initial : $3^{cm^3},80$, composé de $2^{cm^3},29\ AzH^3 + 1^{cm^3},51\ O^2$. Mêmes conditions d'exposition que plus haut. Volume final : $1^{cm^3},65$, composé de $1^{cm^3},10\ Az^2 + 0^{cm^3},55\ H^2$. La surface du mercure est légèrement oxydée, et les parois du tube sont couvertes d'eau contenant en dissolution de l'ammoniaque, mais ne renfermant ni nitrates, ni nitrites, comme il a été vérifié avec le sulfate de diphénylamine. Pour contrôler qu'on se trouve bien en présence d'eau, on a vérifié que le point de fusion était voisin de 0°. Il y a donc eu une double réaction : décomposition de l'ammoniaque en azote et hydrogène, et combustion de l'hydrogène avec formation d'eau.

Sur les $1^{cm^3},51$ d'oxygène initial, $1^{cm^3},37$ ont été transformés en eau, $0^{cm^3},14$ ont été convertis en ozone et ont attaqué le mercure, dont la surface est oxydée ; $0^{cm^3},09$ d'ammoniaque sont dissous dans l'eau.

D'autres essais faits avec des proportions différentes d'ammoniaque et d'oxygène ont donné des résultats semblables.

Ces expériences montrent que, sous l'influence des rayons ultraviolets, l'hydrogène est dégagé de l'ammoniaque à l'état naissant, puis oxydé par l'oxygène et transformé en eau. Ce résultat mérite d'être souligné, car les rayons ultraviolets ne déterminent, dans les conditions de nos expériences, aucune combinaison appréciable de l'oxygène et de l'hydrogène libres, comme le montrent les observations suivantes.

Mélange d'oxygène et d'hydrogène. — Volume initial : $2^{cm^3},68$, composé de $1^{cm^3},70\ H^2 + 0^{cm^3},98\ O^2$. Exposition de 4 heures à 3^{cm} de la lampe à 220 volts. Il n'y a pas trace d'eau ; volume final : $2^{cm^3},60$, composé de $1^{cm^3},70\ H^2 + 0^{cm^3},90\ O^2$. Le volume d'hydrogène n'a pas varié ; la diminution de $0^{cm^3},08$ du volume total correspond exactement aux $0^{cm^3},08$ d'oxygène disparus, fixés sur le mercure.

Deux autres expériences ont redonné le même résultat négatif.

Synthèse de l'acide formique. — *Mélange d'acétylène et d'oxygène.* — Lampe 220 volts. Tube à 3^{cm} de distance durant 4 heures. Volume initial : $4^{cm^3},32$, composé de $1^{cm^3},60\,C^2H^2 + 2^{cm^3},72\,O^2$. Le polymère jaune fauve de l'acétylène, qui se forme si facilement quand ce gaz est seul, ne prend pas naissance en présence de l'oxygène libre. La même remarque a été faite plus haut pour le polymère du cyanogène. Sur les parois du tube se déposent des gouttelettes et sur la surface du mercure une légère couche liquide, à réaction fortement acide, présentant l'odeur caractéristique de l'acide formique et précipitant l'azotate d'argent. Volume final : $2^{cm^3},32$, composé de

$$0^{cm^3},57\,CO^2 + 0^{cm^3},60\,O^2 + 1^{cm^3},15 \text{ d'un mélange gazeux.}$$

Sur une portion de ce mélange gazeux, on constate la présence d'acétylène par la formation d'acétylure cuivreux, et la présence d'oxyde de carbone par la décoloration du chlorure cuivreux acide bruni à l'air. On opère alors la combustion eudiométrique et l'analyse d'une seconde portion, ce qui conduit à la composition

$$0^{cm^3},88\,CO + 0^{cm^3},25\,C^2H^2 + 0^{cm^3},02\,Az^2.$$

Il résulte de là que $1^{cm^3},35\,C^2H^2$ et $2^{cm^3},12\,O^2$ ont disparu et ont donné $0^{cm^3},57\,CO^2$ et $0^{cm^3},88\,CO$, plus un résidu liquide présentant une composition pondérale voisine de celle de l'acide formique :

$$C = 12,0; \quad H = 2,2; \quad O = 28,4 \quad \text{au lieu de} \quad C = 12, \quad H = 2, \quad O = 32.$$

Dans une seconde expérience, le tube a été exposé 4 heures à 5^{cm} de la lampe à 110 volts. Volume initial : $1^{cm^3},18\,C^2H^2 + 2^{cm^3},47\,O^2$. Volume final :

$$0^{cm^3},28\,C^2H^2 + 1^{cm^3},07\,O^2 + 0^{cm^3},40\,CO^2 + 0^{cm^3},57\,CO.$$

On voit que $0^{cm^3},90\,C^2H^2$ et $1^{cm^3},40\,O^2$ ont donné $0^{cm^3},40\,CO^2 + 0^{cm^3},57\,CO$, plus un liquide de composition pondérale $C = 12$; $H = 2,2$; $O = 27,6$. Cette composition indique de l'acide formique contenant une faible quantité d'un produit moins oxydé.

Cette synthèse de l'acide formique a partir de l'acétylène et de l'oxygène gazeux est remarquable par sa simplicité.

Mélange d'éthylène et d'oxygène. — Lampe 110 volts. Tube exposé 4 heures à 4^{cm} de distance. Volume initial : $4^{cm^3},07$ composé de $1^{cm^3},37\,C^2H^4 + 2^{cm^3},70\,O^2$. Volume final : $3^{cm^3},04$ renfermant $0^{cm^3},14\,CO^2 + 1^{cm^3},65\,O^2 + 1^{cm^3},25$ de résidu, contenant de l'éthylène, de l'acétylène et de l'oxyde de carbone. L'éthylène ne s'est pas polymérisé en présence de l'oxygène en excès. Le tube contient quelques gouttelettes à odeur piquante, à réaction acide, précipitant l'azotate d'argent, et composées surtout d'acide formique.

Une autre expérience a été faite avec un volume initial de $3^{cm^3},55$, composé de $1^{cm^3},63\,C^2H^4 + 1^{cm^3},92\,O^2$, exposé à des distances de 2^{cm}, 4^{cm} et 7^{cm} de la lampe à 110 volts, 1 heure chaque fois. Le volume final a été $3^{cm^3},00$, composé de $1^{cm^3},45\,O^2 + 1^{cm^3},55$ d'un mélange gazeux contenant C^2H^4 et CO, mais ne renfermant pas CO^2. Le tube est couvert comme précédemment de gouttelettes d'acide formique.

CHIMIE. — *Sur la présence de résidus tartriques du vin dans un vase antique.* Note de M. **Georges Denigès.**

Tout récemment et lors des fouilles pratiquées dans l'ancien cimetière attenant à l'église Saint-Seurin, de Bordeaux, M. Courteault découvrait, dans un sarcophage paraissant remonter au 1er siècle de l'ère chrétienne, un récipient en verre vert, fermé à l'une de ses extrémités et légèrement évasé à l'autre, ayant grossièrement l'aspect d'une pipette de laboratoire dont la partie renflée aurait 3^{cm} environ de diamètre et les portions terminales, cylindriques, seraient des tubes de 13^{mm} de diamètre extérieur et ayant, sensiblement, chacun, 18^{cm} de longueur. Sa capacité n'excède pas 60^{cm^3}. Ce vase curieux qui vient de faire l'objet d'une communication de M. Jullian à l'Académie des Inscriptions, nous a été confié par M. Courteault afin de chercher à déterminer, par l'analyse de ses résidus ou incrustrations, la nature du produit qu'on aurait pu y avoir primitivement introduit.

Les enduits ou résidus que présente le récipient examiné se montrent sous quatre aspects différents :

A. Extérieurement et surtout près du col, s'étendent des traînées brun rougeâtre, très minces et très adhérentes ; quelques traînées analogues ont été remarquées en haut et à l'intérieur du col.

B. Intérieurement on trouve, en certains endroits, très restreints en nombre et en surface, des enduits un peu plus épais que les précédents, mais de même teinte, pouvant, plus facilement que les premiers, être détachés en écailles très ténues, présentant un poli parfait et le phénomène optique des lames minces sur la face adhérente au verre.

C. Intérieurement encore, se rencontre un enduit blanc grisâtre, plus abondant que les précédents et ressemblant, lorsqu'on en détache des plaquettes, à de l'argile grise desséchée.

D. Enfin, en renversant le récipient sur lui-même et en lui imprimant quelques secousses, on a pu recueillir, parmi une poussière terreuse, un certain nombre de granulations colorées et brillantes, ressemblant à de fins grains de sable, et dont quelques-unes ont été, aussitôt, enfermées dans un tube scellé.

C'est cette dernière substance que nous décrirons tout d'abord, car, vus à texture cristalline et sa composition d'apparence moins complexe que celle des enduits A, B et C, elle nous a permis de tirer des conclusions fermes sur sa nature, sur celle du contenu primitif du récipient et de déduire l'origine probable des enduits eux-mêmes.

Si l'on examine, même à la loupe mais mieux au microscope, ces granulations, on les trouve formées de cristaux prismatiques striés, de couleur rougeâtre et dont l'aspect rappelle, à s'y méprendre, celui du tartre des vins. Des recherches directes ont confirmé cette première indication. Une de ces granulations, mise au fond d'un tube à essais avec une goutte d'une solution *aqueuse* de résorcine à 2 pour 100 et 1^{cm^3} d'acide sulfurique concentré, a fourni un mélange qui, chauffé vers 150°, a donné une belle coloration rouge violacé avec une bande d'absorption correspondant au $\lambda = 527,5$. Cette réaction est l'une des plus caractéristiques de l'acide tartrique. On en a obtenu une identique avec un cristal de tartre authentique pris dans une bouteille de vin très vieux. Une autre granulation, dissoute dans une très faible quantité de potasse, a fourni quelques gouttelettes d'un liquide qui, sursaturé par l'acide acétique, a donné des cristaux microscopiques, mais extrêmement nets de bitartrate de potassium. Enfin un troisième granulation, calcinée, a brûlé puis a laissé un résidu faisant effervescence avec les acides et dont la solution chlorhydrique a permis, après traitement convenable, d'identifier microchimiquement le potassium à l'état de chloroplatinate, de picrate et de bitartrate.

Il n'est donc point douteux que le récipient examiné contenait de la crème de tartre, produit qui ne peut provenir que d'un liquide vineux primitivement introduit dans ce récipient.

Quant à l'enduit C, il est en majeure partie composé d'une croûte de carbonate de chaux qui recouvre et pénètre une substance brunâtre dans laquelle le microscope révèle des masses globuleuses de teinte foncée. Certaines portions seulement de cet enduit ont présenté la réaction résorcino-tartrique, mais un peu modifiée d'aspect comme celle qui est réalisée lorsque, à de la crème de tartre pure, on ajoute une certaine quantité de matière colorante du vin insolubilisée.

Dans l'enduit B, le carbonate de chaux n'existe qu'à l'état de traces; par contre, la matière colorée globuleuse y est prépondérante. La réaction résorcinique y a été faiblement constatée.

Enfin l'enduit A, très mince et peu homogène, rappelle assez bien, au microscope, les enduits très adhérents et très résistants aux dissolvants que présentent les vieilles bouteilles de vin, mais il n'a pu être autrement identifié.

De l'ensemble de ces constatations, nous concluons que le récipient remis par M. Courteault renfermait originellement du vin qui a probablement abandonné, sur les parois du vase, des traces de sa matière chromotannique, plus ou moins complètement recouverte de carbonate de chaux et qui a laissé, en outre, déposer des grains très nets et caractéristiques de crème de tartre. Ces grains, primitivement adhérents, ont dû, vraisemblablement, être désagrégés par le lavage sommaire du récipient, fait, lors de sa découverte, à l'insu de M. Courteault, et se sont ensuite détachés facilement après dessiccation.

CHIMIE. — *Action de l'ozone sur l'oxyde de carbone.* Note de M. P. Clausmann, présentée par M. Armand Gautier.

M. Berthelot [1], en soumettant à l'action des effluves électriques un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone, avait observé que ce dernier gaz était presque totalement transformé en acide carbonique.

D'autre part, Remsen et Southworth [2] firent passer de l'oxygène ozonisé et de l'oxyde de carbone, préparés chacun séparément, dans des ballons exposés au soleil, puis dans de l'eau de chaux. Cette dernière ne s'étant pas troublée, même après un assez long passage des gaz, ils conclurent que l'ozone était sans action sur l'oxyde de carbone.

Nous avons répété cette même opération en remplaçant l'eau de chaux par de l'eau de baryte et nous avons obtenu presque immédiatement un abondant précipité formé de carbonate de baryte et d'une faible quantité de bioxyde de baryum.

L'action de l'ozone sur l'oxyde de carbone se compliquant de l'influence de l'effluve dans les expériences de Berthelot, et de la production de peroxydes quand on opère en présence de chaux ou de baryte, nous avons dû opérer d'une autre façon.

Des tubes de verre parfaitement lavés aux acides, puis dans un courant d'eau prolongé et dans l'eau distillée, ont été fermés à une extrémité et étiré en canal étroit à l'autre bout.

Ces tubes après dessiccation sont remplis d'oxygène ozonisé et d'oxyde de carbone, préparés séparément. L'oxygène, avant de passer dans l'ozoniseur, ainsi que l'oxyde de carbone, sont lavés à la potasse, à l'hydrate de baryte humide; un dernier laveur à eau de baryte ne se trouble pas. Lorsque les tubes de verre sont pleins du mélange des deux gaz, on fait arriver dans la partie étirée un peu d'oxygène pur et l'on scelle d'un coup de chalumeau.

Des tubes secs ainsi préparés et remplis de gaz secs (sur P^2O^5) ont été exposés sur le toit de la Faculté de Médecine à la lumière du jour. Nous avons ensuite dosé l'acide carbonique formé, après destruction préalable de l'ozone résiduel par passage sur le mercure. Nous avons trouvé, pour des mélanges à volumes égaux d'oxyde de carbone et d'oxygène ozonisé

---

(1) M. Berthelot, *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, 1879, p. 50.

(2) Remsen et Southworth, *D. chem. Gesell.*, t. VIII, p. 1414.

(oxygène contenant 200^{mg} d'ozone environ par litre), les nombres suivants :

	CO^2 formé pour 100 d'oxygène total (ozone compris).
Après 1 heure 30 minutes	0
» 8 heures	0,72
» 2 jours	1,35
» 8 jours	2,83

Un tube conservé à l'obscurité a donné :

Après 8 jours	0,88

Tous ces tubes, restés à la lumière ou à l'obscurité, contenaient encore, même après 8 jours, de l'ozone.

D'autres tubes ont été remplis d'oxygène ozonisé et d'oxyde de carbone, mais légèrement humides; exposés à la lumière du jour, ils ont donné :

	CO^2 pour 100 d'oxygène total (ozone compris).
Après 7 heures	2,50
Après 1 jour	3,67

On constate encore dans ce cas que ces tubes contiennent, après un jour, de l'oxygène ozonisé.

De ce qui précède il résulte :

1° Que l'oxyde de carbone est directement transformé en acide carbonique par l'ozone;

2° Que la lumière active cette oxydation, sans doute en activant la décomposition de l'ozone, mais qu'elle n'est pas absolument nécessaire;

3° Qu'une trace d'humidité favorise cette réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le déhydrodicarvacrol.* Note de MM. **H. Cousin** et **H. Hérissey**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Nous avons décrit antérieurement [1] une méthode simple et avantageuse de préparation du dithymol, consistant essentiellement à faire agir une solution diluée de perchlorure de fer sur une solution aqueuse et froide de

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 292; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. XXVII, 1908, p. 225; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. III, 1908, p. 585.

thymol; dans le présent travail nous avons utilisé une méthode analogue, en vue de préparer, à partir du carvacrol, l'isomère correspondant du dithymol (ce dernier serait plus exactement appelé *déhydrodithymol*), c'est-à-dire le *déhydrodicarvacrol*.

Dianine [1] a déjà obtenu ce corps, au moins à l'état impur, en traitant le carvacrol par l'alun de fer, suivant un mode opératoire semblable à celui qui lui avait permis de préparer le dithymol; il l'appelait *β-dithymol;* il avait reconnu que ce corps agissait sur le chlorure de benzoyle, en donnant un composé qui, sous l'action d'une solution de potasse alcoolique, se décomposait en fournissant du β-dithymol et de l'acide benzoïque. L'analyse élémentaire du β-dithymol n'a d'ailleurs pas été faite par Dianine, non plus que celle du dérivé benzoylé et l'étude de ces produits n'a pas été poursuivie, sans doute à cause de la difficulté qu'a eue l'auteur à préparer ces corps en quantité suffisante et dans un état de pureté convenable.

Préparation et propriétés du déhydrodicarvacrol. — On obtient facilement le déhydrodicarvacrol de la façon suivante : on ajoute à 100^{l} d'eau distillée 40^{cm^3} de carvacrol préalablement dissous dans 400^{cm^3} d'alcool à 95°; on agite fortement et l'on filtre sur un papier mouillé. La solution ainsi obtenue est additionnée de 300^{cm^3} de solution officinale de perchlorure de fer (à 26 pour 100 de Fe^2Cl^6) et le tout est abandonné au repos pendant une dizaine de jours ($t = 15°-18°$). Aussitôt après l'addition du perchlorure de fer, il se fait un trouble ne tardant pas à se résoudre en un précipité blanc jaunâtre qui, examiné au microscope, apparaît en grande partie cristallisé en longues aiguilles. Le précipité recueilli après 10 jours, lavé, essoré et séché à 35°, pèse environ 20^g-23^g. On le traite, de préférence encore humide, par une solution alcaline faible (lessive des savonniers, 100^{cm^3}; eau, q. s. pour 2000^{cm^3}). On filtre et l'on additionne la solution d'acide acétique, qui précipite le déhydrodicarvacrol dissous, sous forme de flocons blancs devenant rapidement cristallins. Ce dernier est lavé à l'eau, essoré et séché; on en obtient environ 8^g en partant de 40^{cm^3} de carvacrol, soit sensiblement 20 pour 100. On le fait recristalliser en le dissolvant à froid dans l'alcool à 95° (15^{cm^3} pour 1^g de produit); la solution alcoolique filtrée est chauffée au bain-marie, puis additionnée de son volume d'eau : par refroidissement, le déhydrodicarvacrol cristallise en longues aiguilles soyeuses, enchevêtrées en amas cotonneux extrêmement légers.

Il contient ainsi 2^{mol} d'eau de cristallisation. Préalablement desséché, il fond à 165°-166°. Il est insoluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther, moins soluble dans le chloroforme et l'acide acétique cristallisable, très peu soluble dans l'éther de pétrole, facilement soluble dans les lessives alcalines concentrées ou diluées.

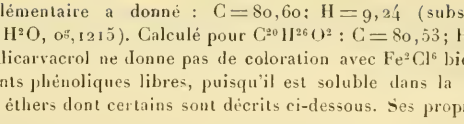
La cryoscopie a donné les résultats suivants : $M = 39 \times \frac{1,400}{0,146} = 293$ (acide acétique $47^g,40$; substance anhydre $0^g,5215$; $A = 0°,146$). Calculé pour $C^{20}H^{26}O^2 = 298$.

---

[1] *Journ. Soc. chim. russe*, t. XIV, 1882, p. 141.

L'analyse élémentaire a donné : C = 80,60; H = 9,24 (substance, 0g,1460; CO^2, 0g,4315; H^2O, 0g,1215). Calculé pour $C^{20}H^{26}O^2$: C = 80,53; H = 8,72.

Le déhydrodicarvacrol ne donne pas de coloration avec Fe^2Cl^6 bien que contenant des groupements phénoliques libres, puisqu'il est soluble dans la soude et fournit facilement des éthers dont certains sont décrits ci-dessous. Ses propriétés conduisent à la formule



Diméthyldéhydrodicarvacrol. — Cet éther a été obtenu en faisant agir le sulfate de méthyle sur le déhydrodicarvacrol dissous dans la soude étendue.

Convenablement purifié, il se présente sous forme de petits prismes incolores. Il se ramollit à 98°, mais ne fond définitivement que vers 110°. Il est insoluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool froid, très soluble dans l'éther, la benzine et le chloroforme.

Diacétyldéhydrodicarvacrol. — Il a été obtenu par action de l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium fondu. Il se présente sous forme de cristaux lamelleux blancs ou d'aiguilles aplaties. Il se ramollit vers 169° et fond complètement à 182°-183°. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool surtout à chaud, très soluble dans l'éther, la benzine, le chloroforme et l'éther de pétrole. Son indice de saponification a été trouvé à 294,9 (calculé pour $C^{24}H^{30}O^4$ = 293).

Dibenzoyldéhydrodicarvacrol. — On l'a préparé par action du chlorure du benzoyle sur le déhydrodicarvacrol, en liqueur alcaline. Il cristallise en longues aiguilles prismatiques, incolores. Il se ramollit à 182°-183° et fond complètement vers 185°. Il est très peu soluble dans l'alcool, même à chaud, assez soluble dans l'éther, la benzine et le chloroforme. Son analyse élémentaire, ainsi que celle des éthers précédents, conduisent à des chiffres tout à fait satisfaisants.

En résumé, ce travail a surtout pour résultat l'acquisition d'une méthode simple et facile de préparation du déhydrodicarvacrol. Des recherches spéciales nous ont montré que, contrairement au processus observé avec le thymol, le déhydrodicarvacrol ne saurait être obtenu par action du ferment oxydant des champignons sur le carvacrol. La méthode que nous avons indiquée pour la préparation du déhydrodiisoeugénol [1] n'est pas applicable non plus dans le cas présent; on obtient alors, comme avec le ferment oxydant, un produit d'oxydation insoluble dans les lessives alcalines, soluble

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 247; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, t. XXVIII, 1908, p. 193.

dans l'éther, précipitable de ses solutions éthérées par l'alcool fort, tout à fait différent, en un mot, du déhydrodicarvacrol, dont nous avons décrit les principales propriétés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cetones dérivées de l'acide benzoïque et de l'acide phénylacétique.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

Ces cétones ont été préparées par le procédé catalytique que j'ai fait connaître (¹), et dont je poursuis, sur d'autres acides, les applications.

On connaît quelques-unes de ces cétones, mais sauf de rares exceptions, leur défaut de pureté résultant des difficultés de la préparation avait conduit à des constantes physiques inexactes, et l'on ne possédait que très peu de données sur leurs combinaisons caractéristiques. J'ai préparé les oximes et les semicarbazones en chauffant la solution de la cétone dans l'alcool à 85°, avec les chlorhydrates d'hydroxylamine ou de semicarbazide en présence de l'aluminate de soude pur. Cette méthode, dont les détails seront exposés dans un autre recueil, m'a donné les meilleurs résultats.

Toutes ces cétones ont une odeur aromatique généralement agréable; elles sont insolubles dans l'eau et très solubles dans l'alcool.

I. — Cétones dérivées du mélange de l'acide benzoïque avec un acide gras.

Leur mode de préparation a été déjà décrit (²); j'ai étudié les suivantes :

Acétophénone $C^6H^5 - CO - CH^3$ *méthylphénylcétone.* — Je l'ai obtenue en lamelles parfaitement blanches, fusibles à 19°,5, présentant le phénomène de surfusion, qui leur permet de rester liquides dans la glace fondante. Elle bout à 201°.5 (corr.) sous 746^{mm}. Sa densité $d_4^{20} = 1,030$. Son oxime fond à 58°,5 et sa phénylhydrazone à 105°.

Ces diverses constantes sont sensiblement identiques à celles déjà attribuées à cette cétone qu'on obtenait le plus facilement et qui a été la mieux étudiée.

Propiophénone $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH^3$. *Éthylphénylcétone.* — Cette cétone était décrite jusqu'ici comme un *liquide* bouillant à 210°, ce qui est inexact.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 927; t. CXLIX, p. 213 et 995; t. 150, p. 111 et 702.

(²) *Comptes rendus*, t. 150, p. 111, 10 janvier 1910.

Je l'ai obtenue sous la forme de lamelles blanches, fusibles à 14°,5, présentant le phénomène de surfusion, mais cristallisant en masse dans la glace fondante. Elle bout à 215° (corr.) sous 746^{mm}. Sa densité $d_4^{16} = 1,008$.

Son *oxime* cristallise en prismes fusibles à 54°.

Propylphénylcétone $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$. — Elle se trouve décrite par les auteurs comme un liquide se colorant à l'air, bouillant à 218°-221° d'après Popoff, à 220°-222° d'après Schmidt, et ne se solidifiant pas à — 20°.

J'ai obtenu cette cétone à l'état cristallisé, dans la glace fondante, en y ajoutant un cristal d'acétophénone ou de propiophénone. Elle se présente alors sous la forme de lamelles blanches, fusibles à 8°,5, bouillant à 229° (corr.) sous 746^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 1,001$.

Son *oxime* cristallise en aiguilles fusibles à 48°.

Isopropylphénylcétone $C^6H^5 - CO - CH\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$. C'est un liquide légèrement jaunâtre qui bout à 220° (corr.) sous 746^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 0,999$. Popoff la faisait bouillir à 209°-217° et Claus à 220°-222°.

Son *oxime*, cristallisée en prismes, fond à 58° (à 61° d'après Claus).

Isobutylphénylcétone $C^6H^5 - CO - CH^2 - CH\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$. D'après Claus, c'est un liquide bouillant à 225°-226° et fournissant une oxime fusible à 74°.

J'ai trouvé pour le point d'ébullition de cette cétone 236°,5 (corr.) sous 764^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 0,985$.

Son *oxime* cristallise en fines aiguilles fusibles à 64°,5.

II. — Cétone dérivée de l'acide phénylacétique employé seul.

Dibenzylcétone $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - C^6H^5$. — J'ai signalé [1] la présence de cette cétone dans la catalyse du mélange d'acide phénylacétique avec les acides gras. Elle s'obtient facilement et avec un rendement théorique en faisant passer sur la thorine les vapeurs d'acide phénylacétique, à une température de 430° qui peut être portée jusqu'à 470°, sans décomposition notable de la cétone.

Elle se présente sous la forme de très beaux prismes incolores, fusibles à 33° et bouillant à 329° sous 753^{mm}. Ces constantes se rapprochent de celles de Sydney-Young (fus. 33°,9; ébull. 330°,5), tandis que Popoff faisait fondre cette cétone à 30° et bouillir à 320°-321°.

Son *oxime* fond à 118° (à 119°,5 d'après Rattner).

J'ai obtenu, en outre, à l'état cristallisé, sa *phénylhydrazone* qui fond à 121° et sa *semicarbazone* qui fond à 123°.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, 14 mars 1910, p. 704.

III. — Cétones dérivées du mélange d'acide phénylacétique et d'un acide gras.

Les deux premiers termes de la série avaient été signalés. La préparation des oximes a donné des produits huileux, incristallisables; mais j'ai obtenu très bien cristallisées toutes les semicarbazones et deux phénylhydrazones.

Méthylbenzylcétone : $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^3$. — Liquide incolore, bouillant à 216°,5 (corr.) sous 755^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 1,019$. On connaissait sa phénylhydrazone fusible à 83°, ainsi que je l'ai vérifié. Sa *semicarbazone* se décompose dès 165°, et se détruit rapidement, sans fondre, vers 180°.

Éthylbenzylcétone : $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^3$. — Liquide incolore qui bout à 230° (corr.) sous 755^{mm} (à 223°-226° d'après Popoff). Sa densité $d_4^0 = 1,002$. Sa *semicarbazone* fond à 135°,5.

Propylbenzylcétone : $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$. — Liquide incolore bouillant à 244° (corr.) sous 760^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 0,984$. Sa *semicarbazone* fond à 82°.

Isopropylbenzylcétone : $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH \begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$. — Liquide incolore bouillant à 237° (corr.) sous 760^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 0,985$. Sa *semicarbazone* fond à 126°, en se décomposant légèrement.

Isobutylbenzylcétone : $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - CH \begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases}$. — Liquide incolore qui bout à 250°,5 (corr.) sous 760^{mm}. Sa densité $d_4^0 = 0,969$. Sa *semicarbazone* fond à 80°. La *phénylhydrazone* cristallise en aiguilles jaunes fusibles à 67°.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination de la provenance d'un naphte ou de ses dérivés.* Note [1] de M. **N. Chercheffsky**, présentée par M. A. Haller.

La détermination de la provenance d'un naphte ou de ses dérivés raffinés importés peut être effectuée en coordonnant les caractères des distillats obtenus par fractionnement au $\frac{1}{20}$ (en volume) du produit examiné, les observations étant faites sur les fractions distillant au-dessous de 300° (la présence de produits de dissociation élève le point d'ébullition et l'indice de réfraction).

---

[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

Les observations à faire sont :

1. *La densité* des fractions, qu'on ramène à la température normale de 15°C.

2. *Le point d'ébullition*, qu'on obtient en admettant que la moyenne des températures entre lesquelles distille une fraction est le point d'ébullition correspondant à la densité de cette fraction. La courbe des densités en fonction des températures d'ébullition (courbe d'origine) permet l'évaluation par interpolation du point d'ébullition correspondant à une densité donnée et *vice versa*.

3. *L'indice de réfraction* complétant les indications précédentes. Cette constante comporte une proportionnalité avec la densité, car les courbes de réfraction en fonction des densités sont presque des droites.

Les courbes de réfraction en fonction des températures sont par contre aussi caractéristiques que les courbes dites *d'origine*.

4. *L'indice de solubilité*, déterminé d'après la méthode de Riche et Halphen, mais en opérant sur un volume (25^{cm^3} par exemple) qu'on ramène par calcul à 100^{cm^3} au lieu d'un poids (4^g) comme les auteurs l'ont prescrit à l'origine. Ce mode opératoire est plus expéditif et plus précis. De plus, limité par les auteurs aux provenances russe et américaine, le procédé a été étendu par nous aux autres provenances.

5. *Température critique de dissolution*, ou température à laquelle une solution d'un produit dans un dissolvant approprié (nous avons adopté C^2H^5OH à 96°,5), obtenue par chauffage à volumes égaux *en tube scellé*, jusqu'à limpidité, se trouble par refroidissement.

6. *Température de trouble* ou température à laquelle une solution d'un produit dans un dissolvant approprié (nous avons adopté l'anhydride acétique), mélangés préalablement à volumes égaux et chauffés *en tube ouvert* jusqu'à limpidité, se trouble par refroidissement.

7. *L'indice d'iode*, permettant de constater la présence de carbures de dissociation (cracking) préjudiciables au rendement photométrique et des distillats pyrogénés du schiste, boghead, etc.

A l'aide de Tableaux de caractères *moyens*, on est rapidement orienté au point de vue de la provenance, et, si l'on dispose de Tableaux régionaux, le produit examiné peut même être localisé.

Les exemples cités sont limités aux densités de 0,780; 0,800; 0,820 et aux températures de 150°, 200°, 250° et aux provenances importées : américaine, russe, roumaine, galicienne, schiste.

Nous avons dressé un certain nombre de Tableaux complets (densités variant de 0,010), que nous nous proposons de publier. Les Tableaux suivants résument quelques exemples d'observations basées sur les caractères énumérés et représentent les *moyennes* de nombreux essais de *différentes*

régions de chaque provenance :

	I. — *Caractères distinctifs en fonction des densités.*						II. — *Densités et indices de réfraction à 15°C. en fonction des températures d'ébullition.*		
					Températures				
Provenance.	Densité à 15°C.	Température d'ébullition en degrés centigrades.	Indices de réfraction à 15°C.	Indices de solubilité.	critique de dissolution en degrés centigrades.	de trouble en degrés centigrades.	Température d'ébullition en degrés centigrades.	Densité à 15°C.	Indice de réfraction à 15°C.
Américain...	0,780	191	1,4345	93	50	78,5	150	0,754	1,4203
» ...	800	227	453	117	68,5	91	200	785	372
» ...	820	266	564	154	87	104,5	250	811	515
Russe.....	0,780	158,5	1,4309	75	36	66	150	0,775	1,4282
»	800	182	419	85	47,5	72	200	812	488
»	820	219,5	533	92	60	79,5	250	8425	670
Roumain...	0,780	153	1,4334	73	limpide à la température ambiante	53	150	0,7785	1,4324
» ...	800	179	458	79,5	30	57	200	814	538
» ...	820	207,5	572	90,5	42	63,5	250	861	799
Galicien....	0,780	166	1,4356	74	31	60	150	0,7665	1,4278
»	800	202	466	94	53	75,5	200	799	460
»	820	242	586	125,5	72,5	89,5	250	824	610
Schiste.....	0,780	167,5	1,4373	74	31	54,5	150	0,766	1,4302
»	800	198	469	92,5	42,5	63	200	801	474
»	820	227,5	568	109	54	71	250	835	883

8. *Indice d'iode.* — Cette constante est variable suivant la teneur en hydrocarbures incomplets, par conséquent fonction du degré de pyrogénation. A titre *d'indication :*

L'indice d'iode du raffiné américain contenant des produits de dissociation (cracking, *moyen*) varie de 20 à 25; l'indice d'iode des produits du schiste varie pour les essences de 75 à 110; pour les lampants, de 65 à 75. Pour les dérivés normaux du naphte, l'indice d'iode oscille entre 0 et 7.

Remarque. — Pour les huiles de graissage nous poursuivons notre travail, mais dès maintenant nous pouvons mentionner un exemple pour préciser la partie à tirer des procédés précipités :

	Huiles	
	russe (à broches).	américaine (à cylindres).
Densité à 15°C.....	0,894	0,891
Indice de réfraction à 15°C.....	1,4888	1,4950
Température critique de dissolution.	150°C.	194°C.
Degré d'inflammabilité (Luchain)...	198°C.	255°C.
Congélation.....	fluide à —15°C.	solide à 0°C.

Enfin, pour la recherche de la paraffine dans la cérésine, notre méthode guide sûrement l'essai. Les exemples qui suivent précisent notre pensée :

	Paraffine 3RB (pétrole).	Paraffine 4R (schistes).	Cérésine (ozokérite).
Point de solidification (tube capillaire).	52°,7	47°,6	66°,9
Indice de réfraction à 100°C.....	1,4185	1,4161	1,4268
Température critique de dissolution....	148°	141°	172°,5
Solubilité dans CS^2 à 15° (pour 100$^{cm^3}$ de solution saturée).....	19,07	34°,65	1,97
Indice d'iode.....	0,3	0,1	0,5

Conclusion. — Par rapprochement des résultats observés par les divers procédés, on constate qu'ils permettent non seulement de déterminer l'origine d'un naphte ou de ses dérivés, mais la composition approximative des coupages commerciaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'éther oxalique avec l'éther tricarballylique.* Note [1] de M. **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

L'éther oxalique, en présence d'éthylate de sodium sec, se combine molécule à molécule à l'éther tricarballylique en conduisant à un mélange d'*éther monoxaltricarballylique* et d'*éther dicétopentaméthylène-(cyclopentanedione)-tricarbonique*. Les proportions respectives de chacun de ces éthers dans le mélange varient avec les conditions dans lesquelles on effectue la condensation.

L'étude de l'éther monoxaltricarballylique devant former l'objet d'une communication ultérieure, je me bornerai à exposer dans cette Note le résultat de mes recherches concernant l'éther cyclopentanedionetricarbonique.

Ce composé, qui s'obtient avec un rendement d'environ 70 pour 100, a été déjà préparé dans des conditions différentes par Wislicenus [2]. Il fond à 127° (au lieu de 123°), colore le perchlorure de fer en rouge violacé et fournit facilement une diphénylhydrazone et une disemicarbazone.

La constitution de cet éther peut être vérifiée à l'aide d'une propriété commune à tous les dérivés oxalacétiques : l'acidité de l'atome d'hydrogène

---

(1) Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

(2) Wislicenus et Schwanhaüser, *Ann.*, t. CCXCVII, p. 105.

énolique. Cette acidité est telle que la plupart de ces composés se laissent titrer facilement *en présence de phénolphtaléine*, à condition d'observer certaines conditions sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir dans une Communication prochaine. Dans le cas du composé qui nous occupe, en particulier, un simple titrage, révélant l'existence de deux hydrogènes acides dans la molécule, permet de lui attribuer la formule suivante :

$$\begin{array}{l} HO - C \text{———————————} C - OH \\ \quad\;\; \| \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \| \\ \quad\;\; C(COOC^2H^5) - CH(COOC^2H^5 - C(COOC^2H^5. \end{array}$$

L'éther cyclopentanedionetricarbonique se laisse très facilement saponifier par l'acide chlorhydrique étendu à l'ébullition, contrairement aux indications de Wislicenus [1] qui insiste sur l'impossibilité de saponifier ce composé, soit par les alcalis, soit par les acides étendus à l'ébullition.

Suivant les conditions dans lesquelles on se place, on peut obtenir deux produits différents. En arrêtant la saponification dès que la dissolution du produit primitif est complète, ce qui correspond à peu près au dégagement d'une molécule d'acide carbonique, on obtient, par évaporation de la solution chlorhydrique au bain-marie dans le vide, l'*éther acide cétopentanedionedicarbonique*

$$\begin{array}{l} CO \text{———————} CO \\ | \qquad\qquad\qquad\quad | \\ CH^2 - CH(COOH) - CH(COOC^2H^5) \end{array}$$

sous forme d'une huile épaisse qui, abandonnée à elle-même, ou mieux, redissoute dans une petite quantité d'acide acétique à chaud, se prend en masse par refroidissement. Le produit obtenu est très soluble dans l'eau et l'alcool, peu soluble dans l'éther et l'éther acétique, insoluble dans le benzène et l'éther de pétrole. Il fond à 137°, colore le perchlorure de fer en rouge violacé et fournit facilement une diphénylhydrazone recristallisant dans l'alcool [fus. : 190° (décomp.), par projection sur le bain de mercure] et une disemicarbazone recristallisant dans l'eau bouillante. Ce composé, titré, est monoacide à l'hélianthine, diacide à la phénolphtaléine. On peut donc, d'après la propriété des dérivés oxalacétiques que j'ai signalée au début de cette Note, lui assigner la formule de constitution suivante, vérifiée d'autre part par l'analyse et celle de ses dérivés :

$$\begin{array}{l} CO \text{———————} C - OH \\ | \qquad\qquad\qquad\quad \| \\ CH^2 - CH(COOH) - C(COOC^2H^5. \end{array}$$

---

(1) Wislicenus et Schwanhaüser, *Ann.*, t. CCXCVII, 1896, p. 107.

En prolongeant, au contraire, la saponification chlorhydrique jusqu'à cessation du dégagement gazeux, ce qui correspond au départ de deux molécules d'acide carbonique, on obtient, par évaporation de la solution résiduelle au bain-marie dans le vide, un produit se prenant instantanément en masse et qui n'est autre que l'acide cyclopentanedionemonocarbonique. Ce composé, très soluble dans l'eau et l'alcool, peu soluble dans l'éther et l'éther acétique, insoluble dans le benzène et l'éther de pétrole fond à 137° (le mélange avec l'éther précédent fond à 112°) et colore le perchlorure de fer en rouge, mais plus faiblement que les produits précédents. Il fournit également une diphénylhydrazone [fus. : 220° (décomp.), par projection sur le bain de mercure] et une disemicarbazone, hygroscopique, recristallisant dans l'eau bouillante. Le titrage de cet acide à l'hélianthine ne donne pas de résultats, le virage étant incertain. A la phénolphtaléine, au contraire, il indique dans la molécule l'existence de deux fonctions acides. Sa solution aqueuse, d'autre part, décolorant instantanément le permanganate de potassium à froid et réduisant le nitrate d'argent ammoniacal, on est conduit à lui attribuer la formule de constitution suivante, analogue à celle indiquée par Dieckmann pour la cyclopentanedione,

$$\begin{array}{l} CO \text{———————} C - OH. \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ CH - CH(COOH) - CH \end{array}$$

J'ai l'intention d'étendre ces recherches aux homologues de l'éther tricarballylique et à un certain nombre d'éthers tribasiques, en particulier à l'éther citrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle synthèse de l'érythrite naturelle et de l'érythrite racémique.* Note de M. H. **Pariselle**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication sur le butane-triol [1], j'ai indiqué la préparation de l'épibromhydrine

$$\begin{array}{l} CH^2 - CH - CH^2 - CH^2Br. \\ \quad \diagdown\ \diagup \\ \quad\ \ O \end{array}$$

---

[1] Pariselle, *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 295.

Ce corps chauffé avec de la potasse pulvérisée m'a donné, après rectification, un liquide présentant les caractères des oxydes d'éthylène et des corps éthyléniques. Son étude fera l'objet de la présente Note.

Oxy-1.2, *butène*-3.4

$$\begin{array}{c} CH^2-CH-CH=CH^2. \\ \diagup\!\diagdown \\ O \end{array}$$

C'est un liquide incolore, très mobile, dont l'odeur rappelle celle de son isomère l'hydrofurfurane. Voici quelques constantes physiques de ce corps (point d'ébullition, 70° sous 760^{mm}) :

d_0	0,9006
d_{20}	0,87
n_D^{20}	1,416
R_m	20,10
Calculé	19,72

A partir de cet oxyde, j'ai pu, en suivant les indications de M. Lespieau, préparer l'érythrol non encore obtenu synthétiquement et ultérieurement les deux érythrites inactives.

Butène-diol ou érythrol $CH^2OHCHOHCH=CH^2$. — En agitant l'oxybutène avec de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide sulfurique, il se produit un grand dégagement de chaleur. La réaction calmée, le tout est chauffé pendant plusieurs heures dans un appareil à reflux. Il se forme sur les parois du ballon un produit solide provenant de la polymérisation d'une partie de l'oxybutène. La solution aqueuse, débarrassée de ce solide, est distillée dans le vide.

Après rectification, j'ai obtenu un liquide sirupeux, distillant à 91°-93° sous 12^{mm}.

L'érythrol qu'Henninger [1] avait obtenu à partir de l'érythrite naturelle bouillait à 196° sous 760^{mm}.

d_{14}	1,05
n_D^{14}	1,469
R_m	23,34
Calculé	23,16

Ce glycol chauffé en tube scellé avec de l'isocyanate de phényle, dans les proportions de 1^{mol} de glycol pour 2^{mol} d'isocyanate, m'a donné une diuréthane $[NHC^6H^5CO^2]^2C^4H^6$ fondant à 125°-126°.

---

[1] Henninger, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. VII, p. 213.

Érythrite naturelle. — Par fixation de deux oxhydriles sur ce butène-diol je devais retomber sur l'érythrite.

M. Lespieau, à qui l'on doit une synthèse de l'érythrite naturelle [1], ayant employé avec succès le permanganate de baryum, j'ai utilisé ce sel de préférence au permanganate de potassium.

Dans la solution aqueuse de l'érythrol, maintenue constamment à une température inférieure à 0°, on fait tomber goutte à goutte une solution de permanganate de baryum à 1 pour 100. Après filtration, la baryte est précipitée par l'acide sulfurique. L'eau est chassée par ébullition dans le vide.

J'ai obtenu ainsi un liquide épais qui a d'abord laissé déposer des cristaux d'oxalate de manganèse

$$C^2O^4Mn + 2H^2O.$$

Le sirop restant, après introduction d'un germe d'érythrite naturelle, a été placé sous une cloche à vide pendant 15 jours. Au bout de ce temps la masse contenait une grande quantité de cristaux. Le tout étendu sur des assiettes poreuses a laissé déposer un solide blanc qui, après cristallisation dans l'alcool bouillant, fond à 116°-118°. C'est l'érythrite naturelle.

Je l'ai caractérisée par son acétal dibenzoïque préparé d'après la méthode de Fischer [2]. L'érythrite dissoute dans l'acide chlorhydrique est agitée avec de l'aldéhyde benzoïque. L'acétal obtenu fond à 200° (non corr.).

Érythrite racémique. — Les assiettes poreuses qui avaient absorbé le liquide englobant les cristaux ont été pulvérisées puis épuisées à l'eau bouillante. L'eau ayant été chassée par ébullition dans le vide, il est resté un sirop qui, étendu d'acide chlorhydrique et agité avec de l'aldéhyde benzoïque, s'est pris en une masse cristalline.

Ce corps dissous dans une grande quantité d'alcool bouillant, cristallise par refroidissement sous la forme d'aiguilles soyeuses fusibles à 217°-219° (non corr.). Il est identique, par sa composition, sa forme et son point de fusion, à l'acétal dibenzoïque de l'érythrite racémique dont la découverte due à M. Griner [3] a été confirmée par les recherches de MM. Bertrand et Maquenne [4].

---

(1) Lespieau, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 145.
(2) Fischer, *Ber. d. deutsch. chem. G.*, t. XXVII, p. 1524.
(3) Griner, *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 553.
(4) Bertrand et Maquenne, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXV, p. 743.

L'obtention simultanée des deux érythrites, à partir du butène-diol, montre que la fixation des deux oxhydriles sur la double liaison s'est faite suivant les deux modes que la théorie permettait de prévoir.

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de fixation de l'acide bromhydrique de quelques composés éthyléniques.* Note de MM. **W. Louguinine** et **G. Dupont**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

A. Berthelot [1] a déterminé la chaleur de fixation des hydracides sur l'amylène, par l'action, sur le carbure, d'une solution aqueuse d'hydracide. Cette méthode présentait une forte imprécision tenant, surtout, à la faible fraction du carbure entrant en combinaison et à l'impossibilité de déterminer, avec exactitude, cette fraction.

Amenés, comme suite naturelle des travaux de l'un de nous [2] sur la chaleur d'addition du brome à quelques composés éthyléniques, à étudier la chaleur de fixation de l'acide bromhydrique sur ces mêmes corps, nous avons cherché une méthode de détermination plus précise que celle de Berthelot. Nous sommes arrivés à des résultats satisfaisants en remplaçant simplement, comme solvant des hydracides, l'eau par le *xylène*. Les avantages de cette substitution sont multiples : 1° le milieu est homogène et, par suite, la réaction est plus régulière et rapide; 2° le dégagement de chaleur est plus fort pour une même quantité d'acide combiné, car la chaleur de dissolution de cet acide dans le xylène est beaucoup moins forte que dans l'eau; 3° enfin, et c'est là l'avantage le plus important, il nous a été possible, par un excès suffisant d'hydracide, d'obtenir des réactions complètes, éliminant ainsi les erreurs de dosage de l'hydracide combiné.

Nous étions avertis de la totalité de la réaction, par la constance des résultats obtenus en se plaçant dans des conditions de concentration très différentes. Des dosages acidimétriques venaient, d'ailleurs, contrôler ce fait avec toute la précision qu'on pouvait attendre d'eux. Dans tous les cas dont nous nous occupons aujourd'hui les réactions étaient pratiquement totales dès que la quantité d'acide bromhydrique était supérieure au double environ de la quantité théorique. Les concentrations initiales des solutions bromhydriques étaient voisines de 8 pour 100.

Le dispositif expérimental était le suivant : le corps était placé dans une ampoule, au sein de la solution bromhydrique, au fond d'un vase de platine placé dans le calo-

---

(1) Berthelot, *Ann. de Phys. et de Chim.*, 9e série, t. V, 1876, p. 295.

(2) W. Louguinine, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 915.

rimètre. Un écraseur, dont la tige traversait le bouchon de caoutchouc qui fermait hermétiquement l'appareil, permettait de briser l'ampoule au moment voulu. La réaction était en général complète au bout de 7 à 8 minutes.

B. L'utilisation de cette méthode nous a obligés à étudier la *chaleur de dissolution de l'acide bromhydrique dans le xylène*. Nous avons construit la courbe représentant la chaleur de dissolution Q de 1^{mol} d'acide bromhydrique en fonction de la concentration x de la solution. Pratiquement, dans les limites utiles, cette quantité Q peut être représentée par la formule

$$Q = 6,344 - 51000x + 188000x^2,$$

x étant le nombre de molécules d'acide dissous dans 100^g de solution. Connaissant la concentration initiale et la concentration finale en acide bromhydrique dans une expérience, il nous est aisé d'en déduire la chaleur de dissolution de l'acide bromhydrique qui a été fixé par le composé éthylénique.

C. Voici les résultats relatifs à six corps sur lesquels nos recherches ont débuté :

Ces corps sont généralement les mêmes que ceux qui ont été utilisés pour les expériences sur la chaleur de fixation du brome. Leur origine et leurs constantes physiques sont les mêmes.

I. *Styrolène*. — Nous avons trouvé, dans deux expériences, 16691^{cal} et 16615^{cal}, ce qui donne en moyenne 16653^{cal} par molécule-gramme pour la réaction

$$C^6H^5 - CH = CH^2_{diss.} + HBr_{gaz} = C^6H^5 - CHBr - CH^3_{diss} \ldots + 16653^{cal}.$$

II. *Caprylène*. — Trois expériences nous ont donné, avec des concentrations finales très différentes, 16501^{cal}, 16475^{cal} et 16467^{cal}, soit, en moyenne, 16481^{cal} pour la réaction

$$C^5H^{11} - CH = CH - CH^3_{diss.} + HBr_{gaz} = C^5H^{11} - CHBr - CH^2 - CH^3 \ldots + 16481^{cal}.$$

III. *Amylène* (méthyl-2-butylène-2) [1]. — Les résultats de deux expériences ont été 17687^{cal} et 17541^{cal}, soit, en moyenne, 17614^{cal} par molécule-

---

[1] Berthelot (*loc. cit.*) indique 15200^{cal} pour cette réaction; peut-être son carbure n'était-il pas identique au nôtre?

gramme. La réaction peut s'écrire

$$(CH^3)^2 = C = CH - CH^3_{diss.} + HBr_{gaz} = (CH^3)^2 = CHBr - CH^2 - CH^3_{diss.} \ldots + 17614^{cal}.$$

IV. *Méthyl-2-pentène-2.* — Ce corps, obtenu par déshydratation du diméthylpropylcarbinol, bouillait à 64°-65°. Il nous a donné 19053^{cal} et 19964^{cal}, soit, en moyenne, 19008^{cal} par molécule-gramme pour la réaction

$$(CH^3)^2 = C = CH - C^2H^5_{diss.} + HBr_{gaz} = (CH^3)^2 = CBr - CH^2 - C^2H^5_{diss.} \ldots + 19008^{cal}.$$

V. *Cyclohexène.* — Ce corps nous a donné pour deux expériences 16304^{cal} et 16280^{cal}, soit, en moyenne, 16292^{cal} pour la réaction

$$C^6H^{10}_{diss.} + HBr_{gaz} = C^6H^{11}Br^2_{diss.} \ldots + 16292^{cal}.$$

VI. *Pulégone.* — Deux expériences sur ce corps nous ont donné 16940^{cal} et 16881^{cal}, soit, en moyenne, 16910^{cal} par molécule-gramme pour la réaction

$$C^{10}H^{16}O\ diss. + HBr_{gaz} = C^{10}H^{17}BrO\ diss. \ldots + 16910^{cal}.$$

Tous les nombres indiqués sont relatifs aux corps dissous dans le xylène. Mais ces corps étant liquides, ainsi que leurs bromhydrates, leur chaleur de dissolution est très faible. Par suite, les nombres indiqués représentent encore sensiblement la chaleur qui serait dégagée par les corps pris à l'état pur.

D. Les résultats sont jusqu'ici en trop petit nombre pour pouvoir en tirer des conclusions précises. Toutefois, nous trouvons des nombres notablement plus forts, lorsque la double liaison est voisine d'un carbone tertiaire, et ce fait est lié à une plus grande vitesse de réaction. D'autre part, le cas de la pulégone semble nous montrer que l'existence d'une fonction cétone ne diminue pas notablement la chaleur de fixation. Nous poursuivons ces recherches.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Plasmodiophora Brassicæ *Voronin, parasite du melon, du céleri et de l'oseille-épinard.* Note de M. **Ernest-F.-L. Marchand.**

Jusqu'à ce jour on avait pensé que l'affection parasitaire connue sous les noms de *maladie digitoire, gros-pied, hernie* du chou, *masse* [1], si dangereuse en raison des

---

[1] Dans la région nantaise, on donne à cette maladie le nom de *masse;* les termes de *gros-pied* ou *hernie* sont ignorés.

dommages considérables qu'elle cause, ne se rencontrait que chez les plantes appartenant à la famille des Crucifères. On savait que non seulement toutes les variétés du chou commun pouvaient être atteintes, mais que les raves, les navets et les radis n'étaient pas à l'abri de ses attaques; que des plantes telles que les *Sinapis*, *Lepidium*, *Capsella*, *Matthiola*, *Iberis* pouvaient servir d'hôtes au *Plasmodiophora Brassicæ*.

Mais on ignorait que le Myxomycète découvert et étudié par Voronin, il y a 32 ans [1], pouvait, dans certaines conditions, infecter des plantes maraîchères de première valeur, n'offrant aucune affinité avec les Crucifères, ses seuls hôtes connus.

La découverte du parasitisme du plasmodium chez les Cucurbitacées, les Ombellifères et les Polygonacées est d'un intérêt capital pour la culture maraîchère, surtout l'intensive. Les résultats que j'expose dans cette Note ont été obtenus à la suite d'une infection expérimentale, bien involontaire, due à l'absolue confiance dans la spécificité non contestée des hôtes du parasite et semblant conférer, jusqu'à aujourd'hui, une sorte d'immunité aux plantes appartenant à une famille autre que celle du chou.

Le 2 mai je recevais la visite de M. Louis Cassard, propriétaire-exploitant d'une des plus importantes cultures maraîchères de la banlieue de Nantes. M. Cassard apportait, pour la faire examiner, une tige racinée de melon parisien (Prescott hâtif), présentant de nombreux renflements et nodosités en chapelet. Questionné, M. Cassard me dit que, l'automne dernier, il avait observé, dans une culture de choux-fleurs, quelques pieds massés qui avaient été détruits; mais, cette maladie étant assez fréquente chez les choux, il n'y avait pas attaché d'importance.

D'après tous les Traités de culture maraîchère et les ouvrages de pathologie végétale, *la masse* ne sévissant que sur les choux et autres Crucifères, la contamination lui semblait improbable. Il avait donc, sans la moindre appréhension, employé, pour recouvrir le terreau de ses couches à melon, de la terre provenant de l'ancienne culture de choux-fleurs; 150 châssis sur 1200 consacrés à la culture forcée du cantaloup parisien en furent couverts.

Voyant une partie de ses melons dépérir, il éprouvait quelque inquiétude devant le dommage causé dans ses couches et était venu nous trouver pour savoir à quoi s'en tenir.

Grâce aux matériaux remis par M. Cassard, des coupes multiples furent pratiquées dans les nodosités de la racine du melon et dans le renflement turbiné du pivot de la racine d'un jeune chou.

Ces préparations extemporanées montrèrent qu'il n'y avait malheureusement pas le moindre doute à avoir quant à la nature de l'affection du melon : le *Plasmodiophora*

---

[1] Voronin, *Mittheil :* Plasmodiophora Brassicæ, *Ueber der Kohlpflanzen-hernie* (*Pringsheim Jahrb. Botan.*, t. XI, 1878, p. 548-574).

Brassicæ Vor. se développait dans les tissus aussi peu résistants que succulents de son nouvel hôte avec une luxuriance extraordinaire.

Les cellules où le plasmodium était arrivé au terme de son évolution atteignaient une taille énorme; les spores avaient une dimension double de celle constatée dans les tissus du chou servant de terme de comparaison. Le jour même, M. le Dr J.-E. Chenantais examina les plantes, confirma la détermination et constata qu'en dehors de l'énorme taille des cellules sporulifères, les spores du parasite, chez le melon, atteignent au moins 5^{μ}, tandis que chez le chou elles oscillent entre 2^{μ} et $2^{\mu},5$; dimensions colossales si on les compare à celles assignées par Voronin aux spores du *Plasmodiophora* qu'il étudia en Russie ($1^{\mu},6$).

Cette différence de taille tient tout simplement à la différence de consistance du tissu de l'hôte et au forçage de la culture qui le place dans des conditions éminemment favorables au développement du parasite; absorption exagérée des racines dans un terreau riche où la chaleur et l'humidité sont constantes.

Au cours d'une visite faite le 18 mai chez M. Cassard pour me procurer, en vue d'expériences, une provision de racines de melons infectés, nous découvrîmes dans un des châssis atteints de la masse quelques jeunes plants de céleri oubliés au moment du repiquage en pleine terre, ils furent arrachés sur ma demande et, au grand étonnement de M. Cassard, les racines de l'Ombellifère présentaient les déformations caractéristiques du parasitisme du *Plasmodiophora*.

Une parelle (oseille-épinard), poussée par hasard près la paroi du coffre, arrachée également, présenta les renflements et nodosités observés chez le chou, le melon et le céleri.

Parelle et céleri furent sérieusement examinés au Laboratoire par M. Chenantais et par moi. Le microscope nous montra le fait brutal : le myxomycète, découvert par le savant russe dans les racines du chou, vit très bien dans le céleri et l'oseille-épinard! Chez cette dernière plante, qui semble lui offrir une plus grande résistance que le chou, le melon et le céleri, le plasmode parasite évolue dans des conditions un peu différentes.

En présence d'un fait acquis et en raison de la facilité avec laquelle le *Plasmodiophora Brassicæ* change d'hôte, l'alternance des cultures intensives et forcées devient illusoire comme moyen de défense. Dans l'intérêt de la culture maraîchère, il y a lieu de rechercher au plus tôt un moyen pratique de destruction des germes du parasite qui restent dans le sol sans danger pour les plantes qu'on lui confie.

Je tiens à la disposition des phytopathologistes qui voudront bien m'en faire la demande des racines de melons parasités.

VITICULTURE. — *Sur une méthode de traitement contre la* Cochylis *et l'*Eudemis. Note de MM. **J. Capus** et **J. Feytaud**, présentée par M. Henneguy.

La *Cochylis* (*Cochylis ambiguella* Hubner) et l'*Eudemis* (*Eudemis botrana* Schiff.) sont des Microlépidoptères parasites des grappes de la vigne. Leur extension au cours des dernières années en a fait un redoutable fléau pour la viticulture.

Leurs mœurs les rendent très difficiles à combattre; en effet, les chenilles de la première génération se cachent dans des fourreaux formés de fleurs agglomérées par des fils de soie; celles des générations suivantes vivent à l'intérieur des grains de raisin.

Les traitements insecticides dirigés contre les chenilles de *Cochylis* et d'*Eudemis* n'ont pas donné jusqu'à présent de résultats pratiques suffisants.

Nous avons poursuivi, de 1907 à 1909, une série de recherches ayant pour but de déterminer l'époque la plus favorable à l'application de divers insecticides (sels d'arsenic, sels de baryum, nicotine, etc.).

Nous avons reconnu, dès 1907, que les meilleurs résultats étaient obtenus par l'application de ces insecticides avant la naissance des chenilles.

En 1909, nous avons voulu déterminer la durée de la période favorable au traitement. Nous avons choisi pour cette étude deux formules types : la *bouillie cuprique nicotinée* et le *chlorure de baryum mélassé*.

Nous avons divisé notre champ d'expériences en une série de parcelles, dont chacune ne devait recevoir qu'un seul traitement, à une date déterminée. Les applications ont été faites de 4 en 4 jours, depuis la sortie des premiers papillons jusqu'au plus fort de l'invasion des larves, c'est-à-dire du 28 avril au 10 juin pour la première génération, et du 5 juillet au 6 août pour la seconde.

Lorsque l'invasion s'est manifestée, nous avons observé sur chaque parcelle les résultats des traitements, en comparant le nombre des larves existant sur les ceps témoins et sur les ceps traités.

Les chiffres d'efficacité de ces traitements successifs nous donnent une courbe d'abord ascendante, puis descendante.

Nous convenons d'appeler *période favorable* la période pendant laquelle l'efficacité se maintient au-dessus de 75 pour 100.

Nous avons obtenu les résultats suivants:

a. Nicotine. — 1° Pour le traitement contre la première génération (printemps), la

période favorable a duré du 13 mai au 1er juin ; 2° pour le traitement contre la deuxième génération (été), du 16 juillet au 2 août.

b. Baryum. — 1° Pour le traitement de printemps cette période a duré du 13 au 28 mai; 2° pour le traitement d'été elle s'est étendue du 5 au 26 juillet.

Si nous comparons la courbe d'efficacité de ces insecticides avec les courbes représentant le nombre des papillons, puis le nombre des larves existant dans le vignoble le jour de l'application, nous remarquons que la période ascendante correspond à l'augmentation du nombre des papillons, que l'optimum correspond sensiblement à la date de leur plus grande abondance, et que la période de décroissance correspond à la naissance des larves.

La période favorable s'étend de la sortie générale des papillons à l'apparition générale des larves.

Les résultats pratiques obtenus par les traitements dans cette période dépassent de beaucoup tous ceux qu'on avait obtenus par l'application des mêmes insecticides au cours de l'invasion des larves.

Divers essais faits au laboratoire et dans le vignoble nous ont montré que la supériorité du traitement préventif, appliqué pendant cette période favorable, est due aux causes suivantes :

1° Il produit une action insectifuge à l'égard des papillons et diminue les pontes;

2° Il exerce une action insecticide externe sur les œufs déjà pondus;

3° Comme il est répandu uniformément sur les capuchons des fleurs ou sur les grains avant la ponte, les larves, au sortir de l'œuf, subissent une action insectifuge qui les fait mourir de faim ou une action insecticide interne qui les empoisonne.

Les traitements effectués pendant l'invasion ont une efficacité atténuée :

1° Parce que les larves cachées à l'intérieur des capuchons, des agglomérations ou des grains, sont à l'abri du contact de l'insecticide et restent en présence d'une nourriture non empoisonnée;

2° Parce que les larves âgées résistent beaucoup plus que les jeunes tant à l'action externe qu'à l'action interne, et que, pour détruire ces larves âgées, il faudrait augmenter la puissance de l'insecticide en l'utilisant à des doses que la vigne ne supporte pas toujours.

ANATOMIE CHIRURGICALE. — *Résection des veines affluentes de la crosse de la veine saphène interne.* Note de M. R. **Robinson**, présentée par M. Labbé.

En m'appuyant sur mes expériences d'injections veineuses chez le cadavre, et sur trois cas de chirurgie expérimentale chez l'homme vivant variqueux, je suis arrivé aux résultats suivants, dont l'importance n'échappera pas, j'espère, à l'attention de l'Académie.

La circulation veineuse des membres inférieurs est agencée par *la vis a tergo*, par la contraction des muscles environnants, par la disposition des

valvules, etc. Ces différents agents ne sont pas toujours à même d'assurer la circulation ; la preuve en est que la station debout prolongée rend pénible le mouvement du sang dans les veines et donne naissance aux varices, ainsi que l'on voit souvent dans certaines professions. Tout cela est très connu depuis bien longtemps, et Poiseuille a établi ici même il y a 80 ans les lois générales de la circulation veineuse dans un Mémoire couronné par l'Institut. Mais aucun auteur à ma connaissance n'a insisté suffisamment sur un fait qui me préoccupe dans cette Note.

La circulation de la saphène est favorisée par les facteurs connus et énumérés ci-dessus; elle est contrariée, empêchée par les veines affluentes qui viennent se jeter sur la crosse de cette veine. Elles sont nombreuses ces dernières, de 4 à 8, et sont constituées par les veines superficielles de la paroi abdominale, et celles des enveloppes des organes génitaux externes. Leurs valvules sont disposées en sens contraire de celles de la saphène et l'on comprend aisément pour quelle raison.

En établissant une circulation artificielle j'ai observé que selon la distension ou la rétraction de la paroi abdominale la pression dans les veines pouvait varier entre 4 et 16 de mercure, et le liquide injecté jaillissait comme d'une artère. Dans les opérations chez l'homme vivant j'ai constaté le même phénomène. Ce qui m'a amené à formuler la théorie suivante : le sang n'ayant dans la saphène qu'une pression variable entre 0 et 3-4 et, au contraire, une pression variable de 4-16 dans ses affluentes, ne pourra circuler que grâce à la parfaite suffisance des valvules; dès que celles-ci deviennent insuffisantes, la circulation ne pourra plus s'effectuer physiologiquement.

En me basant sur cette théorie, j'ai prié M. Kendirgy, chef de clinique, et M. Jacoulet, interne à l'Hôtel-Dieu, d'exécuter chez les grands variqueux la simple opération suivante : mise à nu de la crosse de la saphène, séparation de toutes ses affluentes, section de ces dernières entre deux fils, fermeture de la plaie; anesthésie locale. Trois malades gravement atteints et dont l'un était déjà opéré par un procédé classique, mais sans succès, virent leurs grosses veines variqueuses s'affaisser pendant l'intervention même et disparaître complètement malgré la station debout prolongée permise au bout d'une semaine. Quand on pense qu'une grande infirmité, telles les varices, peut céder à une intervention si simple, il paraît légitime d'attendre de la part des chirurgiens l'extension de ce procédé qui est basé sur les notions exactes de l'Anatomie et de l'expérimentation.

PATHOLOGIE. — *Considérations générales sur l'évolution du treponème pâle dans l'organisme humain.* Note de M. **Hallopeau**, présentée par M. Lannelongue.

1° Contrairement à l'opinion généralement admise, cette évolution, dans sa période primaire, est presque exclusivement localisée à la région infectée, à ses lymphatiques et à ses ganglions;

2° On ne trouve, à cette période, des tréponèmes pâles, qu'exceptionnellement, et en très petit nombre, dans la circulation générale;

3° L'immunité que l'on constate après le 11e jour, à l'égard de nouvelles inoculations, ne peut être due qu'au passage dans le sang de produits solubles;

4° Les tréponèmes pâles sont *suractifs*, dans la période primaire de leur évolution, au niveau de l'accident primitif, dans les tissus qui l'entourent et dans ses ganglions satellites;

5° Cette *suractivité*, ressort des caractères mêmes de l'accident primitif, du développement considérable que prennent souvent les éruptions qui en émanent directement et de celle qui résulte de l'ouverture accidentelle d'un de ses ganglions satellites;

6° Ces ganglions forment une étape dans laquelle les tréponèmes pâles suractifs font place à des tréponèmes pâles de virulence atténuée;

7° La *roséole est fonction de ces adénopathies;* elle fait défaut lorsqu'on évite leur intervention par des injections spécifiques dans les régions d'où émanent leurs vaisseaux afférents;

8° L'infection générale par le tréponème pâle au début de la période secondaire de son évolution est de courte durée;

C'est à tort qu'on a admis l'existence d'une diathèse syphilitique;

9° Un syphilitique en pleine éruption secondaire réagit le plus souvent comme un sujet sain sous l'influence d'un traumatisme;

10° Pendant toute la durée de leur évolution, les tréponèmes pâles se multiplient par *auto-inoculations;*

11° Celles-ci se divisent en *extra-inoculations* et *intra-inoculations;*

12° Les *extra-inoculations*, malgré l'insuccès habituel des tentatives d'inoculation, jouent un rôle prépondérant dans la multiplication locale des manifestations de la période secondaire au milieu des plis muqueux et cutanés;

13° Les *intra-inoculations* constituent le mode prépondérant de propagation des tréponèmes pâles pendant tout le cours de la maladie;

14° Lorsqu'un nouveau foyer tertiaire se forme, les tréponèmes de son élément initial sont d'ordinaire suractifs;

15° Les éléments éruptifs sont dus à la réaction variable des tissus sous l'influence des *toxines* produites par les tréponèmes pâles;

16° Ces *toxines* diffèrent dans leurs effets, et, par conséquent, en leur nature intime, dans les phases successives de l'évolution tréponémique, contestée à tort;

17° Il est indiqué, par la localisation prolongée du tréponème pâle dans la période primaire de son évolution, de l'y attaquer par un traitement intensif local, sans préjudice du traitement général.

CYTOLOGIE. — *Étude physicochimique sur la structure de noyaux du type granuleux.* Note de M. E. **Fauré-Frémiet**, présentée par M. Henneguy.

De précédentes recherches sur la structure intime du macronucléus des Infusoires ciliés (1) m'ont engagé à étudier celle des noyaux granuleux de quelques cellules glandulaires.

Les glandes salivaires des Hydrocorises sont constituées par des cellules très volumineuses à l'état adulte et contenant un gros noyau dont A. Pettit (2) a très bien décrit la structure granuleuse et le gros nucléole plasmatique.

Quelle est la signification de cette structure granuleuse? Les observations suivantes ont été effectuées sur les glandes salivaires des *Notonecta glauca* et *marmorea* et de *Nepa cinerea*. Examinés à l'état frais dans la cellule encore vivante, ou après dissociation dans un liquide physiologique, le noyau des cellules de ces glandes se présente, chez les trois espèces sus-nommées, comme un corps ovoïde limité par une membrane résistante et renfermant un liquide dans lequel on peut observer: 1° de très fins gra-

(1) Fauré-Frémiet, *Constitution du macronucléus des Infusoires ciliés* (*Comptes rendus*, 8 mai 1909).

(2) A. Pettit et A. Krohn, *Structure des glandes salivaires du Notonecte* (*Arch. d'Anat. microscopique*, t. VII, 1905).

nules; 2° le gros nucléole acidophile; 3° de petits globules réfringents, basophiles, dont la présence n'est pas constante.

Si l'on examine ces noyaux avec l'éclairage ultramicroscopique (Spiegel-Condensor de Reichert), on observe les faits suivants. *In vivo*, dans la cellule encore inaltérée, le contenu du noyau présente une luminosité très faible et égale, sans qu'on puisse distinguer de granules brillants. C'est l'état de nébuleuse amicronique. Sur ce fond uniformément éclairé, on distingue le nucléole et, lorsqu'ils existent, les globules basophiles. Si l'on alcalinise faiblement le milieu $\left(\mathrm{NaOH}\,\frac{N}{700}\text{ à }\frac{N}{1000}\right)$ la luminosité disparaît progressivement et les nucléoles ainsi que les globules basophiles restent seuls visibles sur fond obscur. Si l'on isole le noyau dans l'eau distillée, on revient au stade nébuleux amicronique, puis quelques granulins animés de mouvements browniens apparaissent. Si l'on fait agir un sel de métal lourd ou un acide à très faible concentration, les granulins deviennent beaucoup plus nets et plus nombreux, et le contenu du noyau paraît fortement lumineux; l'aspect devient identique à celui qu'on observe après l'action des réactifs fixateurs. Mais ces structures granuleuses sont réversibles si les réactifs précipitants ont été employés à des concentrations suffisamment faibles et l'on peut repasser successivement et inversement de l'état granuleux à l'état obscur avec l'état nébuleux comme intermédiaire.

Indépendamment de ces variations de structure, l'action des alcalis à faible concentration $\left(\frac{N}{700}\text{ à }\frac{N}{500}\right)$ détermine l'apparition de gros et nombreux globules basophiles quand ceux-ci ne préexistent pas et, dans le cas contraire, augmente considérablement leur nombre et leur volume. Ces globules, *qui ne peuvent plus repasser à l'état dissous*, sont identiques par leur aspect et leurs réactions aux *nucléoles chromatiques* qu'on rencontre dans un grand nombre de noyaux. Il s'en forme quelquefois un seul très volumineux qui, accolé au nucléole plasmatique, est une réalisation expérimentale du nucléole double classique.

Les conclusions suivantes résultent de ces faits :

1° La substance intranucléaire que les histologistes nomment *chromatine* se trouve, dans le noyau normal des cellules des glandes salivaires des Hydrocorises observé *in vivo*, à l'état de solution colloïdale.

Cette solution est précipitée à l'état de granulum ou de réticulum sous l'action des réactifs fixateurs.

In vivo, sa structure est liée à la réaction alcaline ou acide du milieu et comprend tous les intermédiaires entre l'état de gel homogène, obscur avec l'éclairage latéral, et celui de sol avec granulins brillants, animés de mouvements browniens, d'autant plus vifs qu'on dilue le solvant par absorption d'eau, en milieu hypotonique par exemple.

2° Si les réactifs alcalins ou acides sont employés à dose très faible, la série de ces états est indéfiniment réversible, même dans un noyau isolé.

3° Indépendamment de ces variations *d'état physique*, la *chromatine* peut subir sous l'action des alcalis une transformation irréversible d'*ordre chimique* qui en fait un composé insoluble, visqueux, et aboutit à la formation de gouttelettes identiques aux *nucléoles nucléiniens*, tant par leur aspect que par leur colorabilité.

Ces conclusions relatives aux gros noyaux de la cellule adulte sont également vraies pour ceux, 150 fois moins volumineux, de la glande jeune, longue de $0^{mm},5$. Or, ces petits noyaux présentent, après l'action des réactifs, le même aspect réticulo-granulé que presque tous les noyaux des petites cellules glandulaires, épithéliales ou autres.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comparaison entre le mode d'action de certains sels retardateurs et des protéines du lait coagulable par la chaleur, sur la caséification par les présures du lait bouilli.* Note de M. C. Gerber, présentée par M. Guignard.

Le cuivre, le mercure, l'argent, l'or, les métaux du groupe du platine, jouissent, ainsi que nous l'avons établi [1], de la propriété de retarder considérablement, à doses minimes, la caséification par les présures du lait bouilli. Pour ne citer qu'un exemple : 1^{cg} de $HgCl^2$ par litre de lait bouilli rend à peu près 2 fois plus lente la caséification de ce liquide, à 55°, par une dose déterminée de papayotine (Tableau I); avec 2^{cg}, cette caséification devient 8 fois plus lente; avec 4^{cg}, 60 fois, et avec 8^{cg}, 150 fois; dès qu'on dépasse cette dernière dose et jusqu'à 1^g environ, il est impossible d'observer de coagulation dans les limites de l'expérience (30 heures). Avec le lait cru, l'arrêt est encore plus brusque; le même Tableau montre, en effet, que le retard dans la caséification, peu important pour 4^{cg} de $HgCl^2$ (caséification 3 fois plus lente), est considérable pour 8^{cg} (caséification 60 fois plus lente), et fait rapidement place à un arrêt total qui s'observe encore pour 4^{cg} de ce sel.

Tout, dans l'allure du phénomène, fait penser à une action *anti*, et porte à admettre que les sels des métaux en question agissent sur le diastase. Il n'en est rien. La diastase reste intacte dans les laits incoagulés. Si l'on emprésure du lait bouilli pur avec des doses croissantes de ces liquides, on obtient de très belles coagulations, obéissant à la loi de proportionnalité

---

(1) *Réunion biologique de Marseille*, séances de février, mars, avril, mai 1910.

inverse et se faisant, en général, dans des temps sensiblement égaux à ceux qu'on observe avec des quantités de présure neuve équivalentes. Mais ces caséifications ne se produisent qu'autant que la proportion de lait incoagulé ajoutée au lait bouilli pur est inférieure à une certaine limite, d'autant plus élevée que la teneur du premier liquide en électrolytes empêchants est plus faible.

TABLEAU I.

Temps nécessaire à la caséification, à 55°, de 5cm³ lait emprésuré avec 0g,01 papayotine Merck et préalablement additionné des doses croissantes suivantes de $HgCl^2$ par litre :

Milligrammes.	0.	18,5.	17.	34.	68.	136.	271.	542.	1084.	2168.	4360.
Lait bouilli..	2m.40s	4m.40s	17m	140m	360m	(1)	(1)	(1)	720m	45m	12m
Lait cru.....	5.45	6.15	9	16	300	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)

En un mot, ce n'est que lorsque les doses des sels empêchants introduites dans le nouveau lait emprésuré sont inférieures à celles qui étaient fortement retardatrices dans le lait emprésurant que la diastase se comporte d'une façon normale. Ces faits ne sont pas en faveur d'une action directe du sel empêchant sur la diastase. D'ailleurs cette dernière, mise en présence d'une dose de sel 25 à 100 fois supérieure à la limite inférieure empêchante, recouvre graduellement son activité primitive par une dialyse prolongée. Au contraire, le lait additionné d'une quantité de sel légèrement supérieure à cette limite inférieure empêchante, reste incoagulable par les présures du lait bouilli, même après une très longue dialyse, l'analyse du liquide dialysé montre que tout le métal est resté; il est entré en combinaison avec la caséine.

On peut donc dire que *les sels empêchants de cuivre, argent, mercure, or, des métaux du groupe du platine agissent non pas sur la diastase protéolytique qu'ils détruiraient, mais sur la caséine qu'ils rendent très résistante aux présures du lait bouilli, en se combinant avec elle. Ce sont des retardateurs, non des anticorps.*

Le lait bouilli, contenant des sels des métaux précédents, se comporte rigoureusement comme le lait cru dans sa caséification par de fortes doses de présures du lait bouilli.

Dans l'un et l'autre cas, en effet, la loi reliant la vitesse de la caséification à la masse de diastase s'écarte de la même manière de celle qui régit le lait

(1) Pas de coagulation au bout de 30 heures.

bouilli pur. C'est ce qui ressort nettement de l'examen des chiffres gras du Tableau II (¹).

TABLEAU II.

Temps nécessaire à la caséification de 5^{cm^3} lait pur ou contenant $CuSO^4$ et $HgCl^2$, emprésuré avec des doses décroissantes des présures suivantes :

Dose de solution présurante dans 1ᵗ lait.	*Vasconcellea quercifolia*, 55°. Lait bouilli : $CuSO^4$,5aq. par litre. cru pur. 3 *v*	0ᵍ,000. *v*	0ᵍ,015. 3 *v*	0ᵍ,062. 10 *v*	0ᵍ,250. 20 *v*	*Ficus carica*, 50°. Lait bouilli : $HgCl^2$ par litre. cru pur. *f*	0ᵍ,000. *f*	0ᵍ,014. 2 *f*	0ᵍ,016. 12 *f*	0ᵍ,019. 12 *f*
cm³	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	
0,32....	4.15	4	4.45	4.45	4.30	3.45	2	1.30	2.45	
0,16....	45	6.45	10.30	13.30	30	60	3.15	2.45	45	
0,08....	(²)	11.30	25	35	70	(²)	6	5.45	70	(²)
0,04....		20.20	70	100	180		13	13	110	
0,02....		43	180	280	360		35	30	165	
0,01....		100	360	510	600		210	80	225	

Dans l'un et l'autre cas également, il suffit d'une très légère augmentation dans la teneur du lait en sel empêchant ou en lactoprotéine pour exagérer fortement la perturbation.

C'est ainsi d'une part (Tableau II) qu'en portant la teneur du lait bouilli en $HgCl^2$, de 14^{mg} à 16^{mg}, on voit ce liquide, qui se comportait aussi normalement que le lait bouilli pur, se comporter aussi normalement que le lait cru, vis-à-vis des fortes doses de présure de Figuier. C'est ainsi d'autre part qu'en s'élevant de $4^g,10$ à $5^g,90$ par litre de lait cru, les lactoprotéines font succéder, à une très légère dérogation à la loi de proportionnalité inverse, une très forte (³).

Dans l'un et l'autre cas, enfin, la diastase protéolytique ne s'altère pas dans les laits incoagulés.

Nous pouvons donc étendre aux lactoprotéines coagulables par la chaleur nos conclusions concernant les sels des métaux retardateurs et dire : *Les*

(¹) Ces chiffres correspondent à des doses fortes de présure. Ceux qui correspondent à des doses faibles accusent, au contraire, des différences profondes entre les deux types de lait. C'est qu'alors intervient, dans le cas des laits à sels empêchants, un tout autre phénomène que celui que nous étudions actuellement.

(²) Pas de caséification au bout de 10 heures.

(³) *Réunion biologique de Marseille*, 21 janvier 1908.

lactoglobuline et lactalbumine, causes de la résistance du lait cru à la coagulation par les présures du lait bouilli, agissent non sur la diastase, mais sur la caséine. Ce sont des retardateurs et non des anticorps. Le lait cru les contient non à l'état libre, mais à l'état de combinaison avec la caséine, ces trois substances constituant un complexe. Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse que nous avons émise autrefois [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la migration des alcaloïdes dans les greffes de Solanées sur Solanées.* Note [2] de M. **M. Javillier**, présentée par M. Guignard.

En octobre 1908 et octobre 1909, M. Ed. Griffon qui, depuis cinq années, poursuit d'importantes recherches sur « la variation dans le greffage et l'hybridation asexuelle », m'a confié, pour en faire l'étude chimique, un certain nombre de greffes de Solanées sur Solanées. L'étude de la migration des alcaloïdes du sujet au greffon et réciproquement n'est certes pas nouvelle, mais les résultats douteux ou contradictoires en présence desquels nous nous trouvons jusqu'ici, nécessitent de nouvelles recherches [3].

M. Griffon m'a confié, entre autres greffes, les suivantes :

Greffes simples : (1) Belladone sur Pomme de terre.

Greffes mixtes [4] : (2) Tabac sur Pomme de terre ; (3) Belladone sur Tomate ; (4) Tomate sur Belladone.

Les analyses ont porté : pour la recherche de l'*atropine*, sur les tubercules de Pomme de terre [greffes (1)], les fruits des Tomates-sujets (3), les fruits, feuilles et tiges de Tomates-greffons (4) ; pour la recherche de la *nicotine*, sur les tubercules, tiges, feuilles et racines des Pommes de terre [greffes (2)].

---

(1) C. Gerber, *Les actions antiprésurantes du lait cru vis-à-vis de quelques présures végétales* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, 29 juin 1907).

(2) Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

(3) Voir, pour la bibliographie, le Mémoire qui paraîtra dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

(4) On sait que dans la greffe mixte (Daniel) on laisse sur le sujet même une ou plusieurs pousses feuillées qui assurent en partie sa nutrition ; on les pince pour éviter que, par un développement exagéré, elles ne viennent à compromettre la vie du greffon.

Les techniques analytiques employées ont été : pour la nicotine, celle que nous avons indiquée, M. G. Bertrand et moi [1]; pour l'atropine, une méthode basée également sur la précipitation de l'alcaloïde à l'état de silicotungstate, méthode dont le détail sera donné dans le Mémoire relatif à cette question [2]. L'atropine a été caractérisée au point de vue chimique par la réaction de Vitali, au point de vue physiologique par son action mydriatique.

Voici les résultats obtenus :

1. *Greffe simple de Belladone sur Pomme de terre.* — La recherche de l'atropine a porté sur 850^g de tubercules. Je n'ai pas obtenu la réaction de Vitali et l'effet physiologique a été négatif [3].

2. *Greffe mixte de Tabac sur Pomme de terre.* — La recherche de la nicotine a été faite sur 470^g de tubercules. La liqueur distillée était légèrement alcaline à l'alizarine sulfoconjuguée (alcalinité correspondant à 5^{mg} de nicotine). Cette liqueur, acidulée par l'acide chlorhydrique, louchit par addition d'acide silicotungstique; il se fait, à la longue, un très faible précipité amorphe. Ce précipité ne saurait être identifié avec le silicotungstate de nicotine cristallin qu'on obtient dans les mêmes conditions. Il ne paraît pas possible de conclure à la présence de nicotine [4].

Un autre essai a porté sur les organes aériens et sur les racines du sujet. Le résultat a été identique au précédent.

3. *Greffe mixte de Belladone sur Tomate.* — Deux essais ont été faits l'un sur 650^g, l'autre sur 430^g de Tomates (fruits). Dans les deux cas, la réaction de Vitali a été douteuse. La réaction physiologique a été positive, très faiblement dans le premier cas, la mydriase ne s'étant produite qu'au bout

---

(1) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. V, 1909, p. 241.

(2) *Annales de l'Institut Pasteur.*

(3) Un essai analogue (Datura sur Pomme de terre) a été fait pour la première fois en 1885, par Klinger. Cet auteur, dont Strasburger rapporte l'analyse, aurait trouvé de l'atropine dans les tubercules, mais en proportion extrêmement faible. Depuis lors, l'expérience, reprise par Lindemuth et Lewin, puis par Arthur Meyer et E. Schmidt, a fourni des résultats négatifs. D'après un nouveau Mémoire qui vient de paraître (*Flora*, mars 1910), ces derniers auteurs ont reconnu l'atropine dans la tige de *Solanum tuberosum*, sujet; ils n'ont pu la caractériser avec certitude dans les tubercules. Ils pensent que l'atropine passe de la Stramoine à la Pomme de terre, mais que l'alcaloïde peut atteindre ou non les tubercules.

(4) Dans leur récent Mémoire (*loc. cit.*), A. Meyer et E. Schmidt donnent les analyses de plants greffés analogues à ceux-ci (greffes *simples* de Tabac sur Pomme de terre); ils croient pouvoir conclure au passage de la nicotine, mais on ne peut s'empêcher de trouver bien fragiles les preuves chimiques qu'ils fournissent en faveur de cette opinion.

de 30 minutes environ et de façon peu accentuée, mais plus nettement dans le second cas.

4. *Greffe mixte de Tomate sur Belladone.* — Un premier essai porte sur 500^g de Tomates (fruits). Il est très nettement positif, aussi bien pour l'épreuve chimique que pour l'épreuve physiologique. Un deuxième essai porte sur 125^g de Tomates provenant d'un autre individu. Ces fruits avaient été, avant toute manipulation, divisés et en partie desséchés dans le vide sulfurique, si bien que le poids de 125^g indiqué correspond en fait à un chiffre 4 à 5 fois plus élevé de matière première. L'épreuve chimique et l'épreuve physiologique ont été ici encore très nettement positives. Un troisième essai porte sur 250^g de tiges et feuilles de Tomate-greffon. Les deux réactions ont été négatives.

De ces expériences, que je compte d'ailleurs poursuivre et faire porter sur des greffes différentes, est-on en droit de tirer quelques conclusions? D'un côté, il y a des résultats négatifs; ils signifient qu'avec les quantités de matière première mises en œuvre, étant données les limites de sensibilité des méthodes, il n'a pas été possible de déceler l'alcaloïde cherché. On ne saurait dire plus et affirmer qu'aucune trace d'alcaloïde n'a franchi le bourrelet de la greffe.

Il y a d'autre part des résultats positifs; les uns le sont entièrement et ne laissent aucune place au doute; d'autres sont moins nets et n'acquièrent leur valeur que rapprochés des précédents. Ces résultats, qui s'appliquent aux *greffes mixtes* de Tomate sur Belladone et réciproquement, *témoignent nettement du passage de l'alcaloïde de la Belladone-sujet ou de la Belladone-greffon à travers le bourrelet.* Il importe de remarquer que cette migration d'alcaloïde est quantitativement très faible [1] (elle se réduit à quelques milligrammes dans le cas le plus favorable) et, d'autre part, qu'elle n'est accompagnée, d'après les observations de M. Griffon, d'aucune modification morphologique digne de remarque.

Mes expériences confirment, comme on le voit, les expériences de M. Ch. Laurent qui, le premier, a décelé la présence d'un alcaloïde mydriatique dans les Tomates provenant de greffes simples ou mixtes de Belladone sur Tomate; mes expériences étendent d'ailleurs et complètent celles de cet expérimentateur, car M. Laurent n'avait pu déceler l'alcaloïde dans les Tomates provenant de greffes de Tomate sur Belladone, et

---

[1] Intentionnellement je n'ai pas consigné dans cette Note de déterminations quantitatives, bien que celles-ci aient été faites. Je reviendrai plus tard sur ce point.

c'est précisément dans ce cas que j'obtiens les résultats les plus indiscutables.

L'ensemble des faits maintenant connus laisse à penser que la migration d'une substance spécifique de l'un des individus dans l'autre dépend : et de la substance envisagée, et des espèces associées.

Sans doute, il est vrai que « dans la symbiose artificielle que réalise le greffage, chacune des plantes associées conserve son chimisme propre » ([1]), si l'on entend par là que l'un des conjoints ne devient pas, du fait du greffage, capable de fabriquer telle substance normalement élaborée par l'autre. Mais il faut ajouter aussi que si « certaines substances peuvent rester localisées dans l'un ou l'autre des conjoints », comme c'est le cas pour les glucosides cyanogénétiques ([2]), d'autres peuvent passer de l'un à l'autre et qu'on ne saurait ici énoncer de règle générale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la concentration en saccharose sur l'action paralysante de certains acides dans la fermentation alcoolique.* Note de M. et Mme **M. Rosenblatt**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note publiée antérieurement ([3]) nous avons indiqué pour certains acides les concentrations limites qui paralysent complètement la fermentation alcoolique du saccharose.

Toutes ces recherches avaient été effectuées avec la même concentration en sucre (1,25 pour 100). Nous avons repris cette étude en faisant varier la dose de saccharose, afin de voir si la marche de la fermentation en serait influencée. Au cours de ces nouvelles recherches, dans lesquelles nous avons utilisé les acides sulfurique, azotique, acétique et oxalique, nous avons examiné trois cas :

1° Cas des acides aux concentrations limites déterminées antérieurement ([1]);

2° Cas des acides aux concentrations très inférieures à ces doses limites;

3° Cas des acides aux concentrations moyennes comprises entre les deux précédentes.

Les expériences ont été effectuées d'après le mode opératoire suivant : on préparait

---

([1]) L. Guignard, *Ann. des Sc. nat. : Botanique*, 9e série, t. VII. 1907, p. 261.

([2]) L. Guignard. *loc. cit.*

([3]) *Comptes rendus*, t. CXLX, 1909, p. 309.

trois séries de tubes à essais contenant chacun 10^{cm^3} de solution acide avec des concentrations différentes en saccharose, soit 1,25 pour 100; 2,5 pour 100; 5 pour 100; 10 pour 100 et 12,5 pour 100. Chaque série de tubes était accompagnée de tubes témoins contenant des quantités correspondantes de sucre dissous dans l'eau pure. Tous ces tubes contenaient en outre 100^{mg} de levure de bière haute (1) et étaient placés dans un bain-marie réglé à + 28°,5. Une série a été analysée après un délai de 40 heures, l'autre après 80 heures, et la troisième après 200 heures: le sucre restant dans chaque tube était interverti, puis dosé par la méthode de M. Gabriel Bertrand (2) que nous avons employée dans nos études précédentes.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° *Cas des acides aux concentrations limites.* — Pour des solutions de saccharose à 1,25, 2,5 et 5 pour 100, les concentrations limites sont restées les mêmes; nous avons trouvé, en effet, pour

L'acide sulfurique	$\frac{M}{10}$ (3)	ou $9^{g},8$	par litre
» azotique	$\frac{M}{9}$	ou 7	»
» acétique	$\frac{M}{2}$	ou 30	»
» oxalique	$\frac{M}{10}$	ou 9	»

Quand on augmente la quantité de sucre, ces doses d'acides deviennent insuffisantes pour arrêter toute fermentation; ainsi, à partir d'une concentration en sucre de 10 pour 100, une petite proportion du saccharose (3 à 4 pour 100) subit la fermentation alcoolique.

On n'arrête complètement l'action de la levure que si l'on augmente la concentration des acides; aussi bien pour la dose de 10 que 12,5 pour 100; il faut atteindre pour

L'acide sulfurique	$\frac{M}{5}$	ou $19^{g},6$	par litre
» azotique	$\frac{M}{7}$	ou 9	»
» acétique	2M	ou 120	»
» oxalique	$\frac{M}{7}$	ou 12,855	»

(1) De la même origine que dans les expériences antérieures.

(2) *Bull. Soc. chim. de France*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 1285.

(3) Concentration en molécule-gramme par litre.

Les résultats sont à peu près les mêmes, quelle que soit la durée de l'expérience; il n'y a pas eu de différence appréciable entre 40 heures, 80 heures et 200 heures.

2° *Cas des concentrations très inférieures à la limite.* — Soit pour

L'acide sulfurique	$\frac{M}{2000}$	ou $0^{g},049$	par litre
» azotique	$\frac{M}{1000}$	ou 0,063	»
» acétique	$\frac{M}{50}$	ou 1,200	»
» oxalique	$\frac{M}{500}$	ou 0,180	»

D'après nos recherches antérieures [1], les acides n'avaient à ces concentrations presque pas d'influence sur la fermentation.

Nous avons reconnu à présent que les variations de la teneur en saccharose n'avaient pas non plus d'effet appréciable. Les quantités de sucre fermenté dans les tubes contenant les acides très dilués ne différaient que peu de celles de tubes témoins.

3° *Cas des concentrations moyennes.* — Comprises entre les deux précédentes, soit pour

L'acide sulfurique	$\frac{M}{100}$	ou $0^{g},980$	par litre
» azotique	$\frac{M}{500}$	ou 0,126	»
» acétique	$\frac{M}{10}$	ou 6,000	»
» oxalique	$\frac{M}{200}$	ou 0,450	»

Dans ces conditions, une partie notable (de 30 à 80 pour 100) du saccharose subissait la fermentation. En augmentant la concentration en sucre, les quantités de saccharose fermenté n'augmentent que peu. La protection de la levure contre l'action empêchante des acides est moins grande que dans les cas précédents, mais elle reste encore très nette comme on peut s'en

---

[1] *Loc. cit.*

rendre compte par les expériences suivantes :

Saccharose employé.	Saccharose disparu dans 10cm³ de solution après 40 heures				
		avec les acides			
	Témoins.	sulfurique $\frac{M}{100}$.	azotique $\frac{M}{500}$.	acétique $\frac{M}{10}$.	oxalique $\frac{M}{200}$.
g	g	g	g	g	g
0,125.....	0,121	0,035	0,110	0,035	0,086
0,250.....	0,225	0,044	0,195	0,050	0,098
0,500.....	0,350	0,052	0,214	0,068	0,140
1,000.....	0,460	0,104	0,274	0,104	0,140
1,250.....	0,510	0,130	0,350	0,120	0,130

On peut résumer tous ces résultats en disant que le sucre protège la levure contre l'action des acides, mais que cette action, d'autant plus grande que la quantité de sucre est plus forte, ne devient appréciable qu'à partir d'une certaine dose d'acide, elle est maximum au voisinage des doses limites de réactif qui arrêtent complètement la fermentation alcoolique. On arrive à constater dans ce dernier cas qu'il faut employer deux fois plus d'acide sulfurique et quatre fois plus d'acide acétique, quand il y a 10 pour 100 de sucre que lorsqu'il y en a seulement 1,25 pour 100.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le dédoublement diastasique des dérivés du lactose.* Note de MM. **H. Bierry** et **Albert Ranc**, présentée par M. A. Dastre.

La lactase que renferme le suc gastro-intestinal de l'*Helix pomatia* L. est capable d'hydrolyser, non seulement le lactose, mais encore des dérivés de ce sucre comme l'acide lactobionique et la lactosazone [1] qui résistent à l'action des lactases jusqu'ici connues (lactases extraites des amandes ou de l'intestin des Mammifères). Voulant voir jusqu'où s'étendrait le pouvoir hydrolysant de cette lactase sur les dérivés du lactose, nous avons fait agir le suc d'*Helix* sur l'azotate de lactose-aminoguanidine, la lactose-semicarbazone et la lactose-urée.

Nous faisions constamment, après l'avoir dilué, trois parts du suc recueilli par isolement du tube digestif d'*Helix*. La première était additionnée d'une solution du dérivé lactosique à étudier; la seconde, préalablement portée à 100°, était après refroidisse-

[1] H. Bierry et Giaja, *Comptes rendus*, 27 juillet 1908.

ment additionnée d'une même quantité de solution du dérivé lactosique; la troisième, mise avec de l'eau distillée, était destinée à éviter les erreurs dues aux apports et aux transformations possibles du suc digestif lui-même.

Azotate de lactose-aminoguanidine $(C^{12}H^{22}O^{10})(CN^3H^4)$, NO^3H. — Wolff [1], qui a découvert ce dérivé, indique seulement qu'il cristallise en aiguilles microscopiques qui fondent à 200° en se décomposant. Il ajoute sans préciser qu'il est dextrogyre.

Nous avons préparé ce corps en fondant ensemble vers 150° des quantités équimoléculaires d'azotate d'aminoguanidine et de lactose pur. Le produit obtenu a été purifié par quatre cristallisations dans l'alcool à 80°; recueilli, essoré à la trompe, desséché pendant 15 jours dans le vide sulfurique, puis pendant 3 heures à l'étuve à 110°, il a perdu une quantité d'eau correspondant à une demi-molécule d'eau de cristallisation. Il fond alors à 225°-227° (fusion instantanée au bloc Maquenne); 1g de ce corps anhydre réduit la liqueur cuprique d'après la méthode de G. Bertrand comme 0g,74 de lactose anhydre.

Le produit hydraté a un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_{D_{20}} = +8°,4$, à 20°, en solution à 2 pour 100. Il ne présente pas de multirotation.

Si l'on fait agir sur ce corps le suc digestif d'*Helix* on observe son dédoublement en galactose et glucose-aminoguanidine.

Lactose-semicarbazone $C^{13}H^{25}N^3O^{11}$, $2H^2O$. — Ce composé a été obtenu suivant les indications de MM. Maquenne et Goodwin [2] en abandonnant à la cristallisation un mélange de lactose en solution aqueuse concentrée avec un léger excès de semicarbazide pure en solution alcoolique. Il a été purifié par cristallisation dans l'eau.

Les cristaux obtenus, en solution dans l'eau, avaient un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D = +11°,2$, chiffre correspondant à celui indiqué par les auteurs.

En raison de l'hydrolyse facile de la lactose-semicarbazone en solution, à l'étuve, nous avons fait nos recherches dans certaines conditions. Le suc digestif était ajouté assez abondamment à la solution de lactose-semicarbazone et le mélange abandonné à la température du laboratoire. On devait obtenir l'hydrolyse dans le minimum de temps.

Par suite du dédoublement rapide de la lactose-semicarbazone, à l'ébullition, la recherche du galactose dans les digestions est délicate. Nous avons réussi, en opérant sur de grandes quantités, à obtenir, par traitement à l'alcool, un produit cristallisé qui par son osazone (point de fusion 212°-214° au bloc) a pu être identifié au galactose.

Lactose-urée $(C^{12}H^{22}O^{10})(N.CO.NH^2)$, H^2O. — N. Schoorl [3] a montré que les aldoses pouvaient, sous l'influence catalytique des acides étendus, se combiner avec l'urée : d'un côté l'aldose est actif par un de ses groupements $C=O$, de l'autre l'urée

---

(1) Wolff, *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXVII, p. 971; t. XXVIII, p. 2613.

(2) Maquenne et Godwin, *Bulletin Soc. chimique*, t. XXXI, 1904, p. 1075.

(3) N. Schoorl, *Rec. trav. chimiques Pays-Bas*, 1903.

par un de ses groupements NH^2, de sorte que la constitution de l'uréide devient

$$\begin{array}{l} H \\ | \\ C = N - CO - NH^2. \\ | \end{array}$$

ce qui la rapproche des oximes et des hydrazones.

Nous avons préparé la lactose-uréide, par le procédé de Schoorl; le corps obtenu avait un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{D_{20}} = +2^\circ,1$.

Par l'action du suc d'*Helix*, ce dérivé se dédouble en galactose et glucose-urée.

Dans ces recherches nous avons isolé le plus souvent le galactose au moyen de l'alcool; nous l'avons aussi obtenu à l'état de benzylphénylhydrazone en suivant les indications d'Otto Ruff.

Dans le cas de l'azotate de lactose-aminoguanidine et de la lactose-urée, en chauffant à l'ébullition, pendant un temps relativement court, les liquides digestifs avec l'acétate de phénylhydrazine en présence de beaucoup d'acétate de soude, nous avons réussi à obtenir une osazone qui purifiée avec l'acétone étendue de son volume d'eau avait le point de fusion de la galactosazone.

Conclusions. — Ainsi, qu'il s'agisse de lactosazone, d'azotate de lactose-aminoguanidine, de lactose-urée, l'action hydrolysante de la lactase d'*Helix* sur ces corps se traduit toujours par une mise en liberté de galactose, le glucose restant lié à la phénylhydrazine, à l'urée, à l'aminoguanidine. Une pareille hydrolyse n'est possible que par les ferments; les acides, en effet, scindent tous ces dérivés en mettant seulement le lactose en liberté.

Ces faits viennent à l'appui de la manière de voir de E. Fischer qui considère le lactose comme un galactoside de glucose.

L'urée ne se combinant pas aux cétoses, la combinaison uréique d'un sucre permettra, comme l'a déjà fait remarquer Schoorl, d'affirmer que ce sucre possède une fonction aldéhydique. Dans certains cas, l'hydrolyse, par le suc digestif d'*Helix* du composé uréique de ce sucre, permettra de déterminer à quel monose constituant appartient cette fonction aldéhydique.

GÉOLOGIE. — *Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire.* Note de M. **Smoluchowski**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note récente [1], M. E. de Martonne a fait un essai très intéressant d'établir les lois de l'érosion glaciaire par des raisonnements théo-

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 135.

riques, basés sur les principes de la mécanique du frottement. Il trouve que les résultats obtenus s'accordent avec l'observation directe des faits morphologiques [1]. Comme l'importance du problème paraît exiger une discussion approfondie de cette théorie, je me permets d'adresser quelques remarques concernant la déduction théorique de ces lois, sans aborder du reste la partie expérimentale.

Considérons le travail effectué par la gravité contre les forces du frottement entre le glacier et son lit (ce travail étant rapporté à l'unité de surface horizontale et à l'unité de temps), et désignons-le par f. C'est cette grandeur évidemment qui définit l'érosion du lit du glacier dans un certain point, et non pas le travail total sur le périmètre P du lit, calculé par M. de Martonne.

Pour évaluer ce travail, envisageons successivement deux hypothèses :

1. Si nous assimilons le glacier à une plaque solide (de poids p, d'épaisseur verticale h, et de densité égale à l'unité), glissant avec la vitesse v sur une surface inclinée sous l'angle α, on aura la force de frottement $Ap\cos\alpha$, où A désigne le coefficient de frottement, et par conséquent

$$f_1 = Ahvg\cos\alpha.$$

La même formule se déduirait aussi d'une supposition plus rationnelle : en considérant le glacier comme un amas de prismes verticaux de hauteur h.

2. Si la pression de la glace peut être assimilée à une pression hydrostatique, eu égard à la fluidité ou plasticité de la glace, ce qui paraît être l'hypothèse faite par M. de Martonne, la pression normale à la surface du lit aura la valeur $\frac{hg}{\cos\alpha}$, par unité de surface horizontale et l'on obtient

$$f_2 = \frac{Ahvg}{\cos\alpha}.$$

On voit que le facteur $\cos\alpha$ devrait apparaître au dénominateur dans ce cas. Du reste son importance ne semble pas être très grande, puisque les limites de sa variabilité sont comprises entre l'unité et (pour une inclinaison excessive de 50 pour 100) 0,894, tandis que les facteurs A, h, v sont beaucoup plus variables, sans aucun doute.

Même si l'on adopte la formule de M. de Martonne et la supposition, très plausible en général, que les variations de $\cos\alpha$ sont de signe contraire, on n'en peut rien conclure, pas même que les lieux d'érosion maximum ne

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 1413; et t. 150, p. 243.

peuvent pas coïncider avec les plus grandes pentes, jusqu'à ce qu'on ait des connaissances plus exactes sur l'importance relative de ces facteurs.

Mais on pourrait essayer de pousser plus loin l'analyse d'une manière rationnelle en adoptant la supposition que le mouvement du glacier obéit à la condition du régime permanent, c'est-à-dire que des quantités égales de glace traversent, par unité de temps, toutes les sections transversales du glacier. En supposant dans ce cas la vitesse dans une certaine section indépendante de la profondeur et de la position latérale, on aurait la condition

$$S v \cos\alpha = c,$$

où S désigne l'aire de la section, égale approximativement au produit du périmètre P et de la hauteur h; c, une grandeur constante.

Donc les deux formules, entre lesquelles on a à choisir, se simplifient par l'élimination de deux facteurs inconnus :

$$f_1 = \frac{A g c}{P}, \qquad f_2 = \frac{A g c}{P \cos^2\alpha}.$$

On voit que c'est le coefficient de frottement A qui y joue le rôle le plus important, mais malheureusement on ne sait rien d'exact, ni en ce qui concerne sa valeur absolue, ni quant à sa dépendance de l'épaisseur de la moraine du fond, ni quant à sa dépendance de la pente, et il paraît très hasardeux de faire des hypothèses là-dessus.

En tout cas, on voit que le pouvoir érodant varie dans une proportion inverse au périmètre P du glacier. Donc les étranglements devraient être des endroits d'érosion maximale.

On pourrait faire des objections graves contre les suppositions de ces calculs, surtout contre la supposition que la vitesse v est la même dans tous les points d'une section. Sans doute elle sera plus grande à la surface du glacier que dans les points de contact avec son lit, ce qui peut entraîner des changements dans la condition du régime permanent.

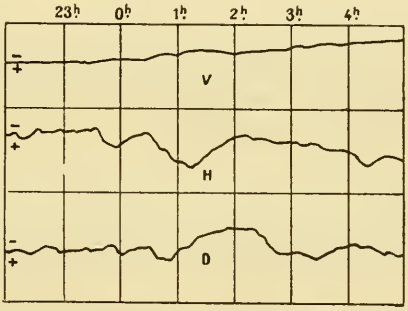
Il n'est nullement évident que la pression exercée sur le lit soit définie uniquement par l'épaisseur de la glace dans ce point. Il est possible qu'elle dépende aussi des tensions exercées par les parties environnantes du glacier, ce qui se ferait sentir surtout dans les points d'un changement abrupt de la pente. Ne faut-il pas s'attendre à des phénomènes analogues à la tension d'une corde dans les endroits de courbure convexe du lit, et à des phénomènes inverses dans les endroits de courbure concave? Nous n'en savons rien.

Nous n'avons déduit ces formules que pour établir les résultats qu'on obtient en poursuivant, avec plus de précision, l'ordre d'idées indiqué par M. de Martonne, et pour montrer que l'état actuel de nos connaissances du mécanisme de ces phénomènes ne nous donne point moyen d'en tirer des conclusions légitimes concernant les lois de l'érosion glaciaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variations magnétiques et électriques dans la nuit du* 18 *au* 19 *mai* 1910. Note de M. **Alfred Angot**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, à titre purement documentaire, les résultats des observations relatives à la physique du globe faites pendant la nuit du 18-19 mai.

Le diagramme ci-dessous donne la reproduction exacte des magnétogrammes obtenus à la station du Val-Joyeux :



La composante verticale V ne présente aucune variation appréciable.

La composante horizontale a varié, au contraire, d'une manière notable : le principal mouvement est, de 0^h30^m à 1^h19^m, une augmentation progressive du champ, suivie d'une diminution égale ; l'amplitude totale de cette variation est de 0,00037 unités C.G.S. Il faut remarquer, du reste, que l'on se trouvait alors à une époque de perturbations et qu'il y a eu, dans les journées du 18 et du 19, des oscillations plus grandes et plus rapides.

Pour la déclinaison, enfin, on remarque surtout, de 0^h55^m à 1^h58^m, une diminution totale de 9′,4 suivie d'une augmentation à peu près égale. Contrairement à ce qui s'est produit pour la composante horizontale, cette variation est la plus grande qui ait été observée pendant les deux journées du 18 et du 19, où la courbe de la déclinaison a été beaucoup moins agitée que celle de la composante horizontale.

Les variations du potentiel électrique ont été enregistrées, au Parc Saint-Maur, au moyen d'un électromètre de Benndorff, récemment installé.

Dans la soirée du 18, des oscillations violentes ont accompagné l'orage qui s'est produit de 19^h à 21^h; la courbe est redevenue à peu près tranquille à partir de $23^h 15^m$, après la fin de la pluie et, depuis ce moment jusqu'à 6^h, le 19, la valeur du champ électrique n'a varié que de $+50^v$ à $+90^v$, sauf une seule oscillation brusque : le potentiel, qui était de $+68^v$ à $3^h 16^m$ est tombé à -70^v à $3^h 19^m$ et est remonté à $+39^v$ à $3^h 22^m$ et à $+54^v$ à $3^h 24^m$. Le passage d'un nuage orageux produit souvent des variations de même sens et bien plus fortes.

En résumé, les variations du magnétisme terrestre et de l'électricité atmosphérique observées dans la région de Paris pendant la nuit du 18-19 mai n'ont pas présenté de caractères inaccoutumés. On ne pourrait les attribuer à une cause exceptionnelle que si, notamment pour l'électricité atmosphérique, on les retrouvait, au même moment et avec des apparences analogues, dans des stations très éloignées.

Les divers éléments météorologiques, température, pression, humidité, vent, n'ont montré, pendant cette même nuit, aucune variation notable. Une mesure actinométrique faite le 18 avait donné une valeur assez grande ($1^{Cal},28$); l'état du ciel n'a malheureusement pas permis de faire de nouvelles déterminations le 19, le 20 et le 21.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observation de l'ionisation de l'air en vase clos pendant le passage de la comète de Halley.* Note de M. **J.-A. Lebel**, présentée par M. Armand Gautier.

L'instrument d'observation se compose d'un condensateur cylindrique clos en zinc, maintenu à 300 volts environ par une batterie d'accumulateurs. La déperdition par l'air intérieur charge une armature isolée reliée à l'électromètre. Pour limiter l'accroissement continu de la charge, un second déperditeur (à l'urane) est également relié à l'électromètre et l'on obtient pour chaque valeur de l'ionisation une dérivation fixe; on peut suivre, par simple lecture, les variations des rayons qui ionisent l'atmosphère.

Mes observations pendant les heures supposées du passage de la Terre dans la queue de la comète ont donné les résultats suivants :

	cm
18 mai, 11^h du soir, déviation	20,6
19 mai, à $2^h 45^m$, minimum	19,1
19 mai, à $4^h 15^m$	21,0

Il y a donc eu une variation importante presque au moment du passage; néanmoins cette coïncidence d'heure est la seule raison qui puisse faire attribuer le phénomène au passage de la comète; en effet, j'ai constaté que des variations de 2^{cm} à 3^{cm} sur les déviations de l'électromètre ont précédé assez régulièrement depuis les deux derniers mois l'arrivée des dépressions barométriques venues du Nord, lesquelles donnaient lieu à des crises atmosphériques importantes. Je signalerai, en particulier, la perturbation si curieuse du 12 mai.

Je continue l'étude de ce dernier phénomène, car il serait prématuré de formuler des règles après 2 mois d'observation seulement. Mais ce qui s'est produit peut se reproduire, et l'on pourrait admettre, dans le cas du passage de la queue de la comète, que la baisse du déperditeur a été en rapport avec la dépression barométrique qui nous atteignait en ce moment. Quoi qu'il en soit, j'ai cru bon d'enregistrer cette observation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations des variomètres magnétiques de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon, pendant la nuit du 18 au 19 mai.* Note de MM. **C. Limb** et **T. Nanty**, présentée par M. Lippmann.

A l'occasion du passage de la comète de Halley, nous avons été autorisés à réinstaller les trois variomètres, remisés depuis plusieurs années ; le temps nous ayant manqué pour remonter le dispositif d'enregistrement photographique, nous avons dû nous borner à relever, à heures fixes, leurs indications, depuis le mercredi 18, à 10^h du soir, jusqu'au jeudi 19, à 6^h du matin (heure de Paris).

Les variations ont été fort peu importantes. De 10^h du soir à 2^h du matin, la déclinaison a diminué de 5′,55 (le pôle nord du barreau se dirigeait vers l'Est), la composante horizontale ayant diminué dans le même temps de 0,0003 environ de sa valeur.

A 3^h du matin, le pôle nord du déclinomètre était revenu vers l'ouest de 4′,7, sans variation appréciable de la composante horizontale ; mais à 4^h, la déclinaison avait diminué de nouveau de 1′,3, pendant que la composante horizontale avait augmenté de 0,0002.

Quant à la composante verticale, elle a diminué de 10^h du soir jusqu'à 3^h du matin de 0,001 environ de sa valeur, puis avait augmenté, de 4^h à 5^h, de 0,00025.

A 5^h et à 6^h, moment de notre départ, tous les appareils avaient presque repris leurs positions initiales.

Ces variations peu importantes sont donc de l'ordre de celles qu'on

observe couramment. Aucun orage magnétique ne s'est manifesté ; les trois aimants semblaient parfaitement tranquilles.

A l'extérieur, un bolide très brillant a été remarqué un peu avant minuit, du côté de l'Est ; étant montés sur l'une des tours, nous n'avons pu observer aucune lueur, aucune odeur particulière, ni phénomène spécial, le temps étant d'ailleurs assez couvert.

HYDROLOGIE. — *Sur la présence d'éléments métalloïdiques et métalliques dans les eaux potables. Conséquences pratiques.* Note de M. **F. Garrigou**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai fait connaître (*Comptes rendus* du 18 avril 1910) un procédé rapide de reconnaître dans les eaux minérales la présence de métalloïdes et de métaux, des groupes VI, V, IV, III (As, Sn, Sb, Au, Pt, Cu, Ag, Hg, Bi, Mn, Fe, Co, Ni, Al, Cr, etc.).

J'ai appliqué ce même procédé aux eaux de boisson.

Les résultats obtenus intéressant au plus haut point l'hygiène, la médecine et la minéralogie locale, je crois pouvoir dire que la grande majorité des eaux potables, qu'elles proviennent de la montagne ou de la plaine, permettent de constater d'une manière indiscutable qu'elles renferment, quelquefois en quantités très notables, des métalloïdes et des métaux des quatre groupes cités plus haut.

C'est sur plus de 2000 sources étudiées à ce point de vue dans tous les terrains, et particulièrement dans le bassin pyrénéen, dont je dresse la Carte hydrologique depuis 1860, que mes constatations ont été faites.

J'ai pu ainsi me rendre compte des rapports existant entre les sources et les terrains superficiels ou profonds, au point de vue de la richesse minérale de sources, richesse qui m'a souvent permis de déterminer l'existence de gîtes métallifères profonds.

Je conclus, de mes recherches géologiques et hydrologiques, que la connaissance d'un district minéralogique d'une région non encore étudiée, peut être singulièrement éclairée par la détermination des éléments métalliques d'une eau, soit minérale, soit simplement potable, d'après les procédés que j'ai donnés, et dont les indications sont rapides et sûres.

Je pense qu'on n'a pas encore mis à profit le moyen d'investigation que

je viens d'exposer, pour aider à la recherche des minerais en profondeur. J'ai la certitude qu'il peut être d'une utilité majeure pour les géologues, et pour ceux qui s'occupent de la recherche de gisements métallifères.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la mesure de la couleur des vases marines actuelles et anciennes.* Note de M. **J. Thoulet**.

La couleur des vases marines dépend de la nature des matériaux qui ont contribué à les former (foraminifères, minéraux volcaniques, etc.), de la quantité de matière organique qui y est ou y a été contenue, ainsi que des phénomènes chimiques de sulfuration et d'oxydation plus ou moins complètes du fer qu'elles renferment. Ces phénomènes sont eux-mêmes en relation avec la durée et, par conséquent, avec la vitesse de la sédimentation. Pour ces motifs, il peut être utile d'évaluer la couleur des vases au moyen de chiffres, c'est-à-dire avec plus de précision que n'en comporte une description verbale.

Je me suis servi, pour obtenir ce résultat, d'un petit disque en bois de couleur blanche recouvert en totalité ou en partie de 20 secteurs en zinc, égaux, peints en jaune, en rouge ou en noir. J'ai fait usage des couleurs à la gouache : jaune de chrome clair, vermillon et noir d'ivoire, fabriquées par Lefranc et qui se trouvent partout. Le disque lui-même, installé sur l'axe d'une centrifugeuse à main, est susceptible de tourner avec une grande rapidité. La roche homogène, vase ou argile, dont on désire évaluer la couleur, est grattée au couteau quand elle est assez tendre ou, s'il s'agit d'un calcaire, usée sur une meule horizontale, ou bien encore déposée en poudre dans un verre de montre dont la convexité est peinte en noir, et l'on aura soin, dans ce dernier cas, d'en bien lisser la surface.

On identifie alors la couleur à celle du disque mis en rotation et recouvert, sur son fond blanc, d'un nombre convenable de secteurs. Quelques tâtonnements conduisent au résultat. Le disque possédant exactement la surface de 20 secteurs, comme certains d'entre eux sont $\frac{1}{2}$ partie et même pour $\frac{1}{4}$ de deux couleurs différentes; on apprécie les nuances jusqu'à $\frac{1}{80}$ des couleurs qui la composent.

La nuance est notée par le nombre des secteurs de chacune des quatre couleurs élémentaires inscrits toujours dans le même ordre : blanc, jaune, rouge, noir. Ainsi le symbole 7-3-0,25-9,75 dont le total des chiffres est évidemment égal à 20, indique la teinte uniforme résultant par rotation de 7 secteurs blancs, 3 jaunes, 0,25 rouge (ou $\frac{1}{4}$ de secteur) et 9,75 noirs.

Ces quatre sortes de secteurs, ou, pour mieux dire, ces trois sortes, puisque le blanc est constitué par le fond même du disque, suffisent pour établir le symbole colorimétrique des vases, des calcaires, des argiles et autres roches sédimentaires homogènes. La nuance bleue résulte d'un mélange de noir et de blanc. L'argile de Vanves, par exemple, d'aspect franchement bleu, possède le symbole 6-0-0-14 ne comportant que du blanc et du noir. L'observation optique est par conséquent d'accord avec la théorie qui admet que les argiles bleues contiennent du sulfure de fer noir en particules infiniment fines. On s'explique encore le fait énoncé par M. Pruvot, que plus une vase est bleue et moins elle renferme de matière organique, cette dernière ayant tout entière été employée à sulfurer le fer.

J'ai noté colorimétriquement 165 vases provenant principalement de l'Atlantique nord et recueillies par le prince de Monaco, 118 échantillons des parages de Monaco, 23 récoltés par moi-même le long de la côte du Languedoc, enfin divers fonds marins des sondages du *Challenger* dans l'Atlantique et le Pacifique, ainsi que des fonds de lacs, des calcaires, des ardoises, etc. Cet examen a établi les faits suivants :

Bien qu'il puisse arriver que deux observateurs obtiennent la nuance d'un même échantillon en employant deux combinaisons différentes de secteurs, les différences sont trop faibles pour infirmer les conclusions résultant de cette sorte d'analyse optique des roches sédimentaires homogènes actuelles et anciennes.

A ne s'en tenir qu'aux vases marines actuelles, la surface du lit océanique est recouverte, sur des espaces juxtaposés, plus ou moins étendus selon les conditions ambiantes, de sédiments de nuance sensiblement la même pour un même espace, différente pour des localités différentes.

Si l'on observe des boudins découpés verticalement au moyen du tube Buchanan dans le sol sous-marin et dont la longueur habituelle est d'une soixantaine de centimètres, on remarque tantôt que la nuance du boudin est absolument la même sur toute la longueur, et l'on est ainsi averti que la sédimentation s'est effectuée dans des conditions ambiantes identiques et régulières; tantôt, au contraire, que la nuance est différente sur cette longueur et l'on possède alors la preuve d'événements survenus plus ou moins brusquement et qui ont troublé la sédimentation antérieure. Ces caractères sont quelquefois fonctions et, par conséquent, fournissent l'indication de mouvements de transgression et de régression éprouvés par les continents voisins.

Il est donc possible de reconnaître colorimétriquement l'aire d'un dépôt sous-marin et même, dans quelques cas, d'être approximativement renseigné

sur l'époque à laquelle se sont accomplis certains événements géologiques dont l'analyse mécanique et surtout microminéralogique vient accuser avec plus de précision le caractère.

A 5 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 mai 1910.

Jubilé de l'entomologiste J.-H. Fabre, reconstitution du discours prononcé par M. Edmond Perrier, à Sérignan (Vaucluse), le 3 avril 1910. (*Revue scientifique*, n° 19, 7 mai 1910, p. 577-579.) Paris; 1 fasc. in-4°.

Comptes rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente de l'Association internationale de Sismologie réunie à Zermatt, du 30 août au 2 septembre 1909, rédigés par le Secrétaire général R. de Kövesligethy. Budapest, Victor Hornyansky, 1910; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association géodésique internationale en 1909, *programme des travaux pour l'exercice de* 1910. Leyde, E.-J. Brill, 1910; 1 fasc. in-4°.

Manière facile et expéditive de préparer le « Grand Sympathique », par Félix Chavernac. Aix, Makaire, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Détermination indirecte de l'extrait du lait de vache, origine et fondements des formules qui servent à en faire le calcul, manière de les déduire, formules dérivées, par MM. D. Giribaldo et A. Peluffo. (*Le Moniteur scientifique Quesneville;* livraison 812, août 1909, p. 489-499.) 1 fasc. in-4°. (Hommage des auteurs.)

La Section électrique, par le P. J. Garcia Mollá. (*Mémoires de l'Observatoire de l'Ébre*, n° 4.) Barcelone, Gustavo Gil, 1910; 1 fasc. in-4°.

Agricultural research Institute, Pusa. *Second report the fruit experiments at Pusa*, by Albert Howard. Calcutta, 1910; 1 fasc. in-8°.

República de Chile. *Annuario del Servico meteorológico de la Direccion del territorio marítimo*, t. X, 1908. Valparaiso, 1909; 1 vol. in-4°.

Twenty-fifth annual Report of the Bureau of Animal Industry, for the year 1908. Washington, 1910; 1 vol. in-8°.

Report of the chief of the Weather Bureau, 1907-1908. Washington, 1909; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 25 avril 1910.)

Note de M. *H. Deslandres*, Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire :

Page 1011, ligne 1, *au lieu de* fin janvier, *lisez* fin janvier 1910.

Page 1012, ligne 15, *au lieu de* les analogues déjà signalées, *lisez* les analogies déjà signalées.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce dans les termes suivants la mort de M. *Robert Koch* et celle de Sir *William Huggins :*

La mort frappe à coups redoublés sur nos Associés et Correspondants étrangers. Il n'y a pas deux mois, nous perdions Alexandre Agassiz, et aujourd'hui nous apprenons la mort de M. Robert Koch. Le grand bactériologiste allemand avait été nommé en 1903 Associé étranger de l'Académie.

Koch avait trouvé en 1876 les spores charbonneuses. Il était célèbre depuis sa découverte, en 1882, du bacille de la tuberculose, auquel son nom restera attaché. Les procédés de culture microbienne lui doivent d'importants perfectionnements et, en particulier, il employa les cultures sur milieux solides. Ces méthodes nouvelles lui permirent de faire, en 1884, la découverte du bacille du choléra ou bacille virgule. On se rappelle le bruit qui fut fait en 1890 au sujet de la tuberculine de Koch; quoique d'une autre façon que l'avait espéré l'illustre savant, cette substance rend couramment de grands services, ses réactions étant précieuses pour le diagnostic.

Travailleur infatigable, Koch avait fait dans ces dernières années de lointains voyages pour étudier les maladies redoutables de certaines contrées tropicales. Il disparaît brusquement à 67 ans; sa mort est une grande perte pour la Médecine.

Je dois encore annoncer la mort de Sir William Huggins, Correspondant de l'Académie dans la Section d'Astronomie depuis 1874. Sir Huggins fut

vraiment le créateur de la Spectroscopie céleste. En 1862, sur le conseil de Kirchhoff et Bunsen, il entreprenait d'appliquer le spectroscope à l'étude des corps célestes, et dès 1864 une observation capitale mettait son nom en évidence. Une nébuleuse dans la constellation du Dragon présente un spectre discontinu composé de trois raies brillantes. Ce n'était donc pas un groupe d'étoiles, mais un gaz lumineux : constatation suivie d'autres analogues, et dont l'intérêt philosophique est considérable.

On sait l'importance qu'a prise aujourd'hui en Astronomie la mesure des vitesses radiales. Ici encore Huggins a été un initiateur. Le premier, il appliquait les idées de Döppler et de Fizeau, et, en 1868, au moyen de la déviation de la raie F de l'hydrogène, calculait la vitesse avec laquelle Sirius s'éloigne de la Terre.

Je ne puis que rappeler les travaux de Huggins sur les protubérances solaires, sur les transformations rapides des spectres des étoiles temporaires, sur les spectres des comètes où il signale des hydrocarbures, etc. L'année dernière, âgé de 85 ans, le grand astronome éditait de nouveau l'ensemble de ses Mémoires scientifiques. Au début de cet Ouvrage, se trouve le portrait de Lady Huggins, qui fut pour Sir William pendant toute sa carrière scientifique une collaboratrice admirable. L'œuvre considérable signée de ce double nom restera dans l'histoire de l'Astronomie physique.

ÉLECTRICITÉ. — *Cohésion diélectrique du néon et de ses mélanges. Analyse quantitative fondée sur la mesure de la cohésion diélectrique.* Note de M. E. **Bouty**.

Dans le cas des gaz rares monoatomiques, la mesure de la cohésion diélectrique ne fournit pas seulement un contrôle précieux de la pureté de ces gaz, elle donne encore une méthode précise d'analyse quantitative.

1. Je rappelle que pour purifier soit le néon, soit l'hélium, par l'action du charbon, à la température de l'air liquide, j'ai pu me guider exclusivement sur la mesure de la cohésion diélectrique, comme un chimiste se guide d'après l'examen des spectres. C'est ainsi que j'ai été amené à découvrir que la cohésion du néon est très inférieure même à celle de l'hélium. Après deux rectifications, et en opérant chaque fois par fractionnements à partir du mélange initial que M. G. Claude avait eu la gracieuseté de me fournir en abondance (mélange dont la cohésion était 39,66), j'ai obtenu un échantillon de gaz dont la cohésion 7,7 était inférieure aussi bien à celle

des gaz plus condensables qu'à celle des gaz moins condensables [1]. Après une troisième opération, particulièrement soignée, la cohésion minimum s'est abaissée à 6,1.

Ces observations suffisent à calculer avec vraisemblance la cohésion à laquelle on parviendrait par une infinité d'opérations identiques. On doit en effet penser que chaque opération nouvelle rapproche la cohésion minimum mesurée y_n de sa limite y_∞ proportionnellement à l'écart $y_n - y_\infty$. Un calcul facile fournit ainsi la limite $y_\infty = 5,625$, ou pratiquement 5,6, nombre que nous adopterons.

2. La cohésion de la fraction la moins condensable, après la troisième opération, a été trouvée égale à 22,4, nombre nettement supérieur à la cohésion 18,3 de l'hélium. On en conclut avec certitude que le mélange initial contenait une très petite quantité d'hydrogène (cohésion 205), seul gaz qui, avec l'hélium, puisse échapper à la condensation dans l'air liquide.

3. En vue d'arriver à une méthode d'analyse quantitative, j'ai fait une étude spéciale des mélanges de néon et de gaz polyatomiques.

Pour effectuer avec une précision suffisante les dosages, quand le gaz ajouté au néon est en proportion très faible, je commence par faire un vide rigoureux dans l'appareil de mesure. J'y introduis une petite quantité du gaz polyatomique g dont je mesure la pression à l'aide de la jauge de Mac Leod. J'ajoute une quantité relativement considérable de néon, je mesure la pression totale au manomètre, puis je détermine la cohésion. Le vide étant fait de nouveau, j'introduis une seconde fois un peu de gaz g, j'ajoute le néon déjà impur de l'opération précédente, je réalise une nouvelle mesure de cohésion, et ainsi de suite.

Quand on est arrivé à introduire en tout environ 1 pour 100 de gaz g, on forme les mélanges suivants à la manière ordinaire, c'est-à-dire en mesurant les volumes dans des cloches graduées en dixièmes de centimètre cube.

Ce procédé a l'inconvénient d'accumuler les erreurs de dosage, mais il est imposé par la nécessité de n'employer en tout, pour chaque série d'essais, qu'environ 200^{cm^3} de néon.

4. Je prendrai pour exemple les mélanges de néon et de gaz carbonique CO^2.

Quand on ajoute à du néon presque pur de très petites quantités de gaz carbonique, l'accroissement de la cohésion est d'abord beaucoup plus considérable qu'on ne le calculerait en appliquant la règle ordinaire des mélanges. Mais cette règle se rapproche de plus en plus de l'exactitude, à mesure que la proportion de gaz carbonique devient plus forte.

---

[1] *Comptes rendus*, p. 149 de ce Volume.

L'échantillon de néon employé avait une cohésion égale à 6,8. La cohésion du gaz carbonique est 418. Cela posé, désignons par n la proportion pour 100 en volume de gaz carbonique. La cohésion résultante y est représentée par la formule

$$y = 4,18n + 0,068(100 - n) + 0,16\,\frac{n(100 - n)}{n + 0,6}.$$

Les deux premiers termes, respectivement proportionnels à n et à $100 - n$, donnent, par leur somme, la cohésion calculée d'après la règle des mélanges. Le dernier terme s'annule pour $n = 0$ et pour $n = 100$; il mesure l'excès (toujours positif) de la cohésion par rapport au nombre calculé par cette règle :

	y.		
n.	Observé.	Calculé.	Différence.
0,000	6,8	6,8	»
0,177	11,6	11,1	—0,5
0,406	13,5	14,9	+1,4
0,650	17,1	17,8	+0,7
0,973	20,3	20,6	+0,3
1,66	24,8	25,0	+0,2
3,11	33,1	32,6	—0,5
4,86	41,8	40,4	—1,4
6,85	49,0	48,6	—0,4
9,26	58,0	58,5	+0,5
12,71	71,0	72,4	+1,4
100,00	418,0	418,0	»

La valeur maximum de l'excès est 13,70, pour $n = 7,119$. Pour une même proportion infiniment petite de gaz carbonique dans le néon ou de néon dans le gaz carbonique, l'excès prend une valeur limite 169 fois plus grande dans le premier cas que dans le second.

Si, au lieu de considérer l'excès par rapport à la règle des mélanges (dernier terme de la formule), on veut connaître l'effet total produit sur la cohésion diélectrique de l'un des gaz purs par une trace de l'autre, on peut dire que le gaz carbonique est 7,2 fois plus actif pour accroître la cohésion du néon que le néon pour diminuer celle du gaz carbonique.

5. Les autres gaz étudiés (air, hydrogène, acétylène) produisent des effets analogues. L'air, dont la cohésion (419) est sensiblement égale à celle du gaz carbonique (418), provoque *les mêmes variations de la cohésion*, tout au moins pour des valeurs de n inférieures à 2,5.

Pour les autres gaz, on commettra une erreur assez faible en admettant

que, dans les mêmes limites, l'action de chacun d'eux est proportionnelle à sa cohésion diélectrique.

6. Toutes ces expériences ont été faites à partir d'échantillons de néon dont la pureté n'était pas parfaite. Mais on peut s'appuyer sur les résultats précédents pour calculer très approximativement, par extrapolation, la proportion d'impureté. On trouve ainsi que le néon (de cohésion 6,8) employé dans les mélanges avec le gaz carbonique contenait un peu moins de $\frac{1}{2000}$ d'impureté, *celle-ci étant évaluée en gaz carbonique ou en air.*

L'échantillon de néon le plus pur que j'aie eu en ma possession (cohésion 6,1) devait contenir moins de $\frac{1}{5000}$ d'impureté.

Ajoutons que, si le spectroscope a révélé la mesure du gaz mêlé au néon, la mesure de la cohésion diélectrique détermine avec certitude la proportion du mélange. Il ne subsiste plus aucune ambiguïté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Quelques remarques, au point de vue géologique et chimique, relatives à l'action que la chaleur exerce sur l'oxyde de carbone.* Note de M. **Armand Gautier**.

L'examen de la composition des laves et la notion de la densité moyenne des roches primitives rapprochée de celle du globe terrestre qui dépasse un peu cinq fois celle de l'eau, ont amené la plupart des géologues à penser que l'enveloppe pierreuse de notre planète repose sur une pyrosphère formée de matériaux de composition très analogue à celle de nos roches éruptives. Ces matériaux sont tenus en fusion, grâce au feu central, à partir de 35000 à 40000 mètres de profondeur. Ces laves, formées surtout de silicates alcalins, alcalino-terreux, magnésiens et ferreux, enveloppent elles-mêmes un noyau central métallique d'une densité de 8 environ, densité qui est celle de la fonte de fer. Toutes les éruptions volcaniques amènent à la surface des silicates contenant du fer, et quelquefois le fer lui-même. Des gaz, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'acide chlorhydrique, l'hydrogène libre, la vapeur d'eau, l'azote, assez souvent l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque, le méthane accompagnent les éruptions de laves.

C'est ce même ensemble de gaz que j'ai obtenu en portant au rouge, dans le vide, les poudres des roches éruptives les plus diverses préalablement desséchées avec soin [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 60 et 189.

Les gaz volcaniques proviendraient-ils donc uniquement de la fusion des couches rocheuses les plus profondes? Je ne le pense pas; mais l'examen de la nature de ces gaz ne permet pas davantage d'admettre qu'ils puissent se dégager tels quels de la région ignée d'où viennent les matériaux éruptifs. En effet, ceux-ci contiennent toujours des silicates ferreux qui, à la température de 1250° à 1300°, qui est celle de la fusion des roches les plus profondes, décomposent l'eau et l'acide carbonique en donnant des oxydes fixes, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

Dans quelle mesure ce dernier gaz est-il à son tour atteint par l'hydrogène? Quelle est l'influence, dans ces réactions, des matériaux métalliques en présence? Le méthane, qu'on rencontre si souvent dans les gaz éruptifs, peut-il provenir de l'action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone agissant dans ces conditions? Le gaz ammoniac peut-il lui-même prendre naissance grâce à l'action de l'hydrogène sur l'azote aux très hautes pressions et en présence de certains métaux; ou bien ceux-ci forment-ils d'abord des azotures ou carbazotures au contact de l'azote et de l'oxyde de carbone, azotures et carbazotures que l'eau décomposerait plus tard? Pour examiner l'ensemble de ces hypothèses, il faudrait faire réagir ces divers facteurs, et d'autres encore, successivement deux à deux, trois à trois, aux températures et aux pressions élevées des régions d'où viennent les laves. Pour aujourd'hui j'examinerai seulement le point le plus simple, mais aussi l'un des plus importants, à savoir si la chaleur est bien apte à dissocier l'oxyde de carbone aux hautes températures. L'acide carbonique, l'eau, l'acide chlorhydrique, l'hydrogène sulfuré ne peuvent directement venir des régions ignées du globe; mais l'oxyde de carbone peut-il nous arriver sans décomposition des profondeurs de la pyrosphère?

Action de la chaleur sur l'oxyde de carbone. — Elle a été examinée déjà par divers chimistes, en particulier par Henri Sainte-Claire Deville, Marcellin Berthelot et Lothian Bell.

H. Deville annonça que, lorsqu'on chauffe l'oxyde de carbone au rouge blanc (1300° à 1350°) dans un tube chaud et froid (tube de porcelaine parcouru suivant son axe par un tube de laiton plus étroit où circulait un courant d'eau froide), cet oxyde de carbone se dissocie en partie dans ses deux éléments, laissant sur le tube froid un léger dépôt de charbon, tandis que son oxygène donne avec l'oxyde de carbone ambiant une quantité proportionnelle d'acide carbonique [1]. Mais M. Berthelot [2] remarqua que déjà vers la température de 550° et *sans qu'il se fasse le*

---

[1] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 874.

[2] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XXIV, p. 126.

moindre dépôt de charbon, l'acide carbonique apparaît en faible proportion. Berthelot chauffait l'oxyde de carbone dans un tube de verre peu fusible, scellé à ses deux bouts après l'avoir séché et complètement rempli de gaz oxyde de carbone sec. Cet oxyde de carbone provenait lui-même de l'action de l'acide sulfurique sur l'acide oxalique; il passait ensuite deux fois par sa combinaison avec Cu^2Cl^2, puis il était parfaitement privé de gaz carbonique.

Pour expliquer la décomposition de l'oxyde de carbone avec formation de CO^2 sans dépôt de charbon, M. Berthelot admit qu'à chaud CO se polymérise d'abord, sans doute, pour se décomposer ensuite, en donnant un sous-oxyde volatil tel que C^2O, corps qu'il ne parvint cependant pas à isoler. La réaction s'expliquerait, selon lui, par une réaction telle que la suivante :

$$3CO = C^2O + CO^2.$$

J'ai repris l'examen de cette singulière décomposition de l'oxyde de carbone. Je préparais ce gaz, comme Berthelot, en le retirant de sa combinaison avec le protochlorure de cuivre.

Après avoir exactement chassé l'air de mes appareils par un courant d'hydrogène sec, puis d'oxyde de carbone, ce gaz était encore lavé soigneusement au pyrogallol potassique, à la potasse concentrée, à la baryte, séché enfin sur l'acide sulfurique. Il pénétrait alors dans un tube de porcelaine de Berlin vernissé sur ses deux faces et parcouru suivant son axe par un tube de verre mince assez large où coulait un rapide courant d'eau froide. Les deux tubes, porcelaine et verre, avaient été, au préalable, bien desséchés à 300° dans le courant de gaz sec (1). En remplaçant ainsi le tube central de laiton de H. Deville par un tube de verre refroidi destiné à condenser les particules de charbon ou autres qui pouvaient se produire, j'ai voulu éviter l'influence possible du métal ou de ses oxydes sur la décomposition du gaz oxyde de carbone.

Dans une première expérience, 3750^{cm^3} de ce gaz sec (calculé à 0° et 760^{mm}) sont passés en 8 heures et demie dans le tube de porcelaine chauffé d'abord à 820°. *Il s'est ainsi produit* $4^{mg},7$ *d'eau et* $10^{mg},7$ *d'acide carbonique*. Sur le tube de porcelaine, ni sur le tube de verre, il n'est apparu aucune trace de charbon ou d'autre dépôt sensible (2).

La même expérience a été répétée à 1200°-1250° en séchant au préalable le gaz sur P^2O^5. Il s'est formé encore une quantité très sensible d'acide

(1) Il faut veiller aussi à ce qu'il ne reste pas sur les tubes la moindre parcelle de matière organique qui, donnant des traces de charbon en se décomposant au rouge, agirait alors, comme on le verra, sur l'oxyde de carbone pour le transformer en $C + CO^2$.

(2) Le tube de verre, grâce à sa transparence, permettait de voir les plus légers détails ou dépôts.

carbonique (non dosé) et 13^{mg} d'eau, sans qu'il se déposât la moindre parcelle de charbon sur la porcelaine et le verre.

Surpris de ces constatations, une troisième expérience fut faite à 800° en desséchant aussi soigneusement que possible à 400° les tubes de porcelaine et de verre, laissant refroidir dans le courant de gaz sec, réchauffant au rouge blanc et recueillant seulement alors les produits qui se forment. Avant de circuler dans le tube, l'oxyde de carbone était séché dans mon laveur spiraloïde chargé d'acide sulfurique bouilli, puis sur l'anhydride phosphorique. J'ai fait passer à 1200° en 7 heures 45 minutes, le volume de 3300^{cm^3} de gaz CO (calculé à 0° et 760^{mm}); j'ai obtenu :

CO^2.....	$0^g,0667$
H^2O.....	$0^g,0071$
C ou autre dépôt.....	*nul*

Cette expérience contrôle donc les deux autres.

Il est certain qu'au rouge et même au rouge blanc (du moins jusqu'à 1250° à 1300°), l'oxyde de carbone ne se dissocie pas, même partiellement, en donnant du charbon suivant l'équation de Deville

$$2\,CO = C + CO^2.$$

Sur ce point je suis en parfait accord avec Lothian Bell (¹).

Mais il reste à expliquer comment se produit l'acide carbonique; d'où vient l'eau; que devient le charbon correspondant à l'acide carbonique formé?

Pour les traces d'eau, chacun sait combien il est difficile de sécher parfaitement un tube de verre ou de porcelaine qui, sec en apparence à 300° ou 400°, laisse encore échapper quelques traces d'eau au rouge. Mais ici, il y a plus; je me suis assuré que l'oxyde de carbone obtenu par l'acide oxalique, puis condensé dans le protochlorure de cuivre et régénéré de sa combinaison avec ce corps, contient toujours un peu d'hydrogène (0,21 au minimum pour 100 du gaz oxyde de carbone recueilli) (²). Or je montrerai ultérieurement qu'au rouge le gaz hydrogène réduit en partie CO pour donner de l'eau

(¹) Voir *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXIV, p. 8, dans le Mémoire de M. Boudouard.

(²) Le CO était recueilli dans une éprouvette sur le mercure au-dessus de Cu^2Cl^2 qui l'absorbait. La partie non absorbée du gaz, toujours en très faible proportion, passait ensuite sur l'anhydride iodique qui lui enlevait les dernières traces de CO, enfin le résidu était brûlé à l'eudiomètre par l'oxygène; la contraction permettait de calculer le volume de H.

qui, réagissant à son tour sur ce gaz, produit de l'acide carbonique. Je ne pense pas toutefois que l'acide carbonique que j'ai obtenu ait tout entier cette origine. Quant au carbone qui devrait être ainsi libéré, il s'unit lui-même à l'hydrogène pour donner un hydrocarbure. Mais l'action du gaz hydrogène sur l'oxyde de carbone est trop importante et trop spéciale pour être ici traitée incidemment; j'y reviendrai donc.

Comme H. Sainte-Claire Deville, et dans une seule de mes nombreuses expériences, j'ai obtenu à 900° un peu de charbon amorphe en faisant circuler l'oxyde de carbone pur et sec à travers le tube de porcelaine où pénétrait un tube plus petit et de même matière, portant le thermomètre Le Chatelier. C'est à l'extrémité fermée de ce tube central, et du côté de l'arrivée du gaz, que s'est déposé le charbon. Je pense qu'il faut attribuer ces dépôts tout à fait exceptionnels à l'influence d'impuretés et spécialement à un peu de matière organique qui laisse au rouge une trace de charbon amorçant la réaction. Les moindres parcelles d'oxyde de fer agissent de même. C'est une des raisons pour lesquelles, dans mes expériences, j'ai remplacé le tube de laiton de H. Sainte-Claire Deville par un tube de verre refroidi par un courant d'eau à 11°.

J'ai voulu examiner aussi si, conformément à l'hypothèse de Berthelot, la chaleur peut décomposer l'oxyde de carbone en donnant de l'acide carbonique et un sous-oxyde tel que C^2O et même C^2O^3 ou C^3O^3 (1).

Pour cela, j'ai fait circuler le gaz CO sec, préparé comme il a été dit ci-dessus, dans des tubes de porcelaine chauffés à 600° et à 800°. Au sortir de l'appareil, les gaz parcouraient un laveur spiraloïde plein d'eau de chaux froide ou à l'ébullition. Je me suis assuré qu'il ne se forme ainsi ni acide oxalique ($C^2O^3 + H^2O = C^2H^2O^4$), ni acide glycolique, ni glyoxal ($C^2O + H^2O = C^2H^2O^2$), glyoxal qui, on le sait, en s'hydratant à chaud en présence des alcalis, donne des glycolates que je me suis assuré ne pas se former :

$$C^2H^2O^2 + H^2O = C^2H^4O^3.$$

Aussi je pense que l'observation de la production d'acide carbonique à 560° aux dépens de l'oxyde de carbone et sans dépôt de charbon dans l'expérience de Berthelot et dans les miennes s'explique en partie par la présence d'une trace d'hydrogène dans l'oxyde de carbone suivant une réaction telle que

$$2CO + H^2 = CO^2 + CH^2,$$

ce que j'essayerai de montrer très prochainement.

(1) Obtenu par M. Berthelot dans l'action de l'effluve à haute tension sur l'oxyde de carbone. Il donne, entre autres, C^2O^3 en se décomposant facilement.

Je conclus que, porté au rouge blanc à 1300°, à la pression ordinaire, dans des tubes de porcelaine et à l'abri de toute matière organique et de tout métal [1], l'oxyde de carbone ne subit pas de dissociation sensible mettant du charbon en liberté.

MINÉRALOGIE. — *Sur le minéral à structure optique enroulée constituant les phosphorites holocristallines du Quercy.* Note de M. **A. Lacroix.**

Dans une Note récente [2], j'ai montré que les phosphorites du Quercy sont constituées par des composés hydratés de phosphate et de carbonate de calcium se rapportant à plusieurs types distincts : 1° un type isotrope, la *colophanite*; 2° des types hétérogènes rubanés (*quercyites*), résultant d'un mélange intime de colophanite et de produits cristallisés, optiquement négatifs [suivant les cas, francolite fibreuse (staffélite) ou dahllite] (*quercyite* α), auxquels s'adjoint, dans la *quercyite* β, un minéral optiquement positif, plus biréfringent; 3° un type holocristallin.

Je me propose dans la présente Note de compléter l'étude des quercyites et de décrire les remarquables propriétés du type holocristallin.

N'ayant pu parvenir à isoler le produit uniaxe positif, qui caractérise la quercyite β, soit parce que sa densité est trop voisine de celle du minéral optiquement négatif, soit parce que le mélange de ces deux minéraux avec la colophanite est trop intime, j'ai dû me contenter de trier des portions aussi riches que possible en ce minéral et j'ai prié M. Pisani de faire l'analyse de deux échantillons provenant : *a*, de Mouillac (Tarn-et-Garonne); *b*, de Castillo de Belmez (province de Cordoue).

	a.	*b*.
CaO	50,45	52,50
P^2O^5	36,60	37,75
F	0,83	»
CO^2	4,62	5,70
H^2O	6,00	3,20
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	1,30	0,85
	99,80	100,00

[1] J'ai essayé de revêtir mon tube central de verre de lames minces de laiton, cuivre, argent, oxydées ou non. Sur aucune d'elles il ne s'est fait de dépôt de charbon. On verra qu'il n'en est pas de même en présence du fer, du nickel ou de leurs oxydes.

[2] *Comptes rendus*, 17 mai 1910, p. 1213.

Ces analyses, comparées à celles données dans ma précédente Note, mettent en évidence de bien faibles différences avec la quercyite α.

La pauvreté en fluor ou l'absence du fluor et la richesse en CO^2 font penser que le minéral positif doit se rapprocher, comme composition, de la dahllite et la teneur élevée en eau doit être attribuée à l'abondance de la colophanite. Il paraît inutile de chercher à préciser davantage jusqu'à ce que la découverte d'un échantillon particulièrement pur permette d'isoler ce produit cristallisé.

Plus intéressant est le type holocristallin. Il constitue des concrétions, affectant la forme des gros champignons appelés *polypores*; elles ont été recueillies sur les parois des fentes à phosphorite de Mouillac. Ce type forme aussi, au milieu des argiles du même gisement, des rognons, ayant la forme de ceux de quercyite; ils sont peut-être dus à la transformation de ces derniers; ils ne sont plus régulièrement zonés comme les précédents. La cassure, d'un blanc mat, à aspect pierreux, montre de longues fibres, parfois groupées parallèlement, plus souvent palmées et enchevêtrées, ce qui explique la ténacité du minéral.

L'examen microscopique met en évidence la structure caractéristique de la *calcédonite à enroulement*.

Le long d'une même fibre, on voit en lumière polarisée parallèle, la biréfringence décroître régulièrement du maximum à zéro, mais, à l'inverse de la calcédonite, le signe de l'allongement est ici positif et l'axe optique unique que les plages monoréfringentes montrent en lumière convergente est de signe négatif. On se trouve donc en présence d'un enroulement hélicoïdal de l'indice n_p autour de l'axe d'allongement, qui correspond avec n_g. Dans quelques échantillons, le minéral est nettement biaxe et l'on constate, dans ce cas, que l'enroulement a lieu autour de n_m, dont la valeur est d'ailleurs fort voisine de celle de n_g, l'écartement des axes optiques étant très faible. La biréfringence peu élevée du minéral ne permet pas de préciser davantage, car, dès que les préparations ont quelques centièmes de millimètres d'épaisseur, les superpositions de fibres rendent les images en lumière convergente indéchiffrables.

Depuis la découverte, faite par M. Michel Lévy, des enroulements hélicoïdaux dans la calcédonite, cette même structure a été reproduite expérimentalement par M. Wallerant, en fondant divers corps organiques, qui ne la possèdent pas à l'état normal, avec des corps doués du pouvoir rotatoire, et M. P. Gaubert l'a observée dans quelques substances organiques, qui paraissent homogènes.

Il est intéressant de rencontrer cette structure dans un minéral associé à la quercyite, qui partage avec la calcédoine la particularité d'être constituée

par un mélange intime d'une substance cristallisée (calcédonite) et d'un corps isotrope (opale) de composition voisine. On pouvait donc se demander si cette structure enroulée ne provient pas, comme dans les expériences de M. Wallerant, de l'union plus intime de ces deux catégories de produits. L'analyse *a* n'est pas convaincante à cet égard, car elle montre que notre minéral possède une composition chimique extrêmement voisine de celle (*b*) que prévoit la théorie pour la dahllite :

	a.	*b*.
CaO	53,65	53,7
P^2O^5	38,40	39,0
CO^2	5,36	6,0
H^2O	2,10	1,3
$Al^2O^3 + Fe^2O^3 + F$	0,57	»
	100,02	100,0

La plupart des propriétés physiques sont également les mêmes que pour la dahllite (¹), dont le minéral du Quercy constitue une variété caractérisée par une propriété optique remarquable. On sait que, dans la calcédonite, il existe aussi des types ne présentant pas la structure enroulée.

L'importance principale des observations, qui viennent d'être exposées, consiste dans la découverte d'un second minéral possédant cette structure à enroulement hélicoïdal, si intéressante au point de vue théorique. Je signalerai, en terminant, que je viens de l'observer dans une troisième substance naturelle, dans un phosphate ferrique, la *dufrénite* de Rochefort-en-Terre, dans laquelle elle est même visible à l'aide d'un seul nicol, grâce à un pléochroïsme intense.

AGRONOMIE. — *La lutte pour l'eau entre les organismes vivants et les milieux naturels.* Note de M. **A. Müntz.**

L'eau est indispensable au développement des êtres vivants ; si, à la rigueur, quelques organismes peuvent conserver une vie latente à l'état de siccité, toute manifestation vitale, c'est-à-dire toute nutrition et multiplication de la cellule sont intimement liées à la présence de l'eau, ou plutôt à la présence d'une suffisante quantité d'eau.

(¹) La densité est de 2,97 au lieu de 3,05 ; mais cette différence s'explique par la structure fibreuse, qui rend difficile l'expulsion complète des bulles d'air comprises entre les fibres ; $N = 1,62$.

Par sa mobilité, soit à l'état liquide, soit à l'état de vapeur, l'eau est constamment en mouvement et se répartit d'une manière très inégale à la surface du globe. Malgré sa masse totale énorme, elle est rare en bien des points et là, la vie animale, comme la vie végétale, sont souffreteuses ou suspendues. D'une manière générale, à ce point de vue, la surface des continents manque fréquemment d'eau; celle-ci, qui leur est apportée incessamment par les agents atmosphériques, en est incessamment aussi enlevée par l'évaporation et par les drains naturels qui la ramènent à son grand réservoir, la mer. Ce n'est qu'à certains moments, par intermittences de courte durée, que les continents disposent de la quantité d'eau nécessaire à une vitalité intense. Si nous envisageons l'exemple le plus simple et le plus frappant, celui du sol et de la végétation qu'il porte, nous voyons combien la répétition d'un apport d'eau, soit par les pluies, soit par les arrosages, a d'influence sur le développement des plantes. L'air contient toujours de petites quantités d'eau; mais c'est presque en totalité à la terre, qui en a été abreuvée et qui l'a partiellement retenue, que les plantes l'empruntent par l'intermédiaire des racines.

Mais ce n'est pas seulement la présence d'une certaine masse d'eau qu'il faut à l'activité végétale, c'est la présence d'une certaine masse d'eau *disponible*. L'eau contenue dans la terre affecte deux états nettement différents. Une partie est intimement liée à la terre, qui se l'est appropriée par une sorte de combinaison que nous avons pu mettre en évidence, M. Gaudechon et moi [1], par l'emploi des méthodes calorimétriques. La terre sèche dégage en effet, quand on la mouille, un nombre de calories variable avec sa nature; elle fixe alors, et retient avec une certaine énergie, une quantité d'eau en rapport avec l'échauffement produit. Nous donnerons provisoirement à cette propriété le nom d'*affinité spécifique*. Lorsque cette affinité est satisfaite, aucun échauffement ne se produit par une nouvelle addition d'eau. La limite de saturation est alors dépassée et il y a de l'eau libre, entièrement disponible pour les organismes vivants, tandis que celle qui est liée à la terre par cette affinité, due en partie à des effets purement physiques, en partie à la formation d'hydrates instables, ne se prête qu'à un équilibre entre le milieu inerte et les organismes vivants. Ces derniers, ainsi limités dans leurs besoins en eau, sont incapables de développer leur

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 377, et *Ann. de l'Inst. agron.*, 2e série, t. VIII, fasc. 2, p. 33.

fonction vitale. Ils ne peuvent le faire que quand il y a de l'eau en excès sur celle qui correspond à l'affinité spécifique de la terre.

Cependant l'eau ainsi liée à la terre ne l'est pas tout entière au même degré; il y a là des actions en tout comparables à celles qu'on observe dans les phénomènes de dissociation. Ce sont les premières parties d'eau ajoutée à la terre sèche qui dégagent le plus grand nombre de calories, les dernières le moins, comme nous l'avons montré précédemment [1] et nous avons appelé *limite de saturation* la quantité d'eau, exprimée en teneur centésimale, à partir de laquelle l'effet thermique est nul, lorsqu'il intervient une nouvelle quantité d'eau.

Nous avons constaté que c'est presque exclusivement dans l'humus et dans l'argile contenus dans les terres que réside cette affinité; les proportions de ces matériaux étant variables entre des limites très écartées, l'eau ainsi fixée dans la terre varie elle-même de 1 à 20 pour 100.

La terre sèche, c'est-à-dire absolument privée d'eau, n'existe pas dans la nature, pas plus que l'air absolument sec, et il s'établit toujours un équilibre entre ces deux éléments [2].

Après avoir à ce point de vue examiné la terre, considérons l'organisme vivant qui s'y développera. Nous avons montré que ces organismes, en tant que substance organique, de même que les substances organiques en général, ont également pour l'eau une affinité spécifique, mesurable par leur échauffement au contact de l'eau, et se comportent vis-à-vis de cette dernière comme la terre elle-même, ou, plus exactement, comme l'humus de la terre. Mais cette eau n'est pas suffisante pour les manifestations vitales et il faut à l'organisme, en tant que tissu vivant, animal ou végétal, plus d'eau que la quantité qui satisfait à l'affinité spécifique.

Ces idées demandent à être précisées par des faits. Prenons comme exemple la germination du blé dans deux terres de nature différente :

1° Une terre légère, qui renferme 2 pour 100 d'eau lorsqu'elle est à sa limite de saturation, est ensemencée de grains de blé contenant les 15 pour 100 d'eau qui correspondent également à leur limite de saturation. Aucun échange d'eau ne se produira entre la terre et le grain, et celui-ci ne pourra pas germer, puisqu'il doit contenir environ 36 pour 100 d'eau pour que la germination ait lieu. Mais si cette terre vient à contenir 3 pour 100 d'eau, il y a excès sur la quantité satisfaisant à son affinité spécifique; il y

---

(1) Muntz et Gaudechon, *loc. cit.*

(2) Pour plus de simplicité, nous ne faisons pas ici intervenir les échanges d'eau entre la terre et l'air, admettant qu'ils donnent lieu à des équilibres oscillant entre certaines limites et constituant un état moyen, ce qui est d'ailleurs conforme à la réalité.

a donc de l'eau libre et la graine peut alors en absorber suffisamment pour que la germination s'effectue.

2° Une terre humifère, contenant 18 pour 100 d'eau et dont l'affinité est satisfaite avec cette quantité, est ensemencée des mêmes grains de blé. Ces derniers, puisque l'équilibre est établi entre les deux milieux en présence, ne peuvent pas prendre d'eau à la terre et la germination n'a pas lieu. Mais si cette terre vient à être mouillée de manière à contenir 19 pour 100 d'eau, il y a de l'eau disponible; le grain en absorbe et germe.

Nous venons de voir ce qui se passe lorsque l'équilibre primitif est rompu par suite de l'augmentation de l'eau de la terre; mais lorsqu'au lieu d'une augmentation, il y a une diminution, cas très fréquent, et que, au lieu de 18 pour 100, il n'y en a plus que 17, l'équilibre est également rompu et alors c'est la graine qui cède de l'eau à la terre, jusqu'au rétablissement de l'équilibre. Dans ces conditions, la graine, loin de pouvoir germer, se dessèche, malgré la forte quantité d'eau qui reste dans la terre.

Quand on considère que dans la nature, comme dans la pratique culturale, la proportion de la graine à celle de la terre avec laquelle elle est en contact est bien inférieure à $\frac{1}{10000}$, on voit que la graine peut se trouver en présence d'une masse d'eau énorme, sans qu'elle puisse en prendre les petites quantités nécessaires à son activité végétative, puisque cette eau n'est pas disponible.

Comme application aux faits naturels, citons l'exemple suivant: une terre contient 15 pour 100 d'eau qui satisfont à son affinité spécifique. On y sème, par hectare, 100^{kg} de grains de blé, avec leur humidité normale de 15 pour 100. Pour pouvoir germer, ces grains doivent absorber encore 20 pour 100 d'eau. Quoique se trouvant en présence des $450\,000^{l}$ d'eau contenue dans la couche arable, la graine ne peut pas prélever sur cette masse les 20^{l} qui sont nécessaires à sa germination, puisque les deux milieux sont en équilibre. Mais s'il intervient une petite quantité d'eau, par pluie, rosée ou brouillard, et si la terre s'humecte jusqu'à 15,5 pour 100, par exemple, au lieu de 15 qui est sa limite de saturation, il y a dans la couche arable $15\,000^{l}$ d'eau disponible, sur lesquels la graine prélève sans difficulté les quelques litres qu'il faut pour arriver à la germination [1].

---

[1] M. P. Lesage a observé (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 174 et 756) que la germination des spores de *Penicillium* dans un air humide dépend plus de l'état hygrométrique de cet air que de la quantité absolue de vapeur d'eau en présence de laquelle se trouvent les spores.

Ces résultats montrent quel rôle les affinités pour l'eau jouent dans les manifestations vitales à la surface du globe.

Nous venons de voir ce qui se passe entre les éléments terreux et la graine. Lorsque la plante est développée, les relations entre les deux milieux se compliquent du fait de l'évaporation dont les organes foliacés sont le siège : c'est entre le système radiculaire et la terre que se produit alors la lutte pour l'eau; mais la plante en pleine végétation ayant une plus grande aptitude à attirer et à retenir l'eau, l'équilibre entre elle et la terre est incessamment rompu et tend incessamment à se rétablir par une soustraction de l'eau du sol au profit de la plante.

Ce que nous venons de dire du partage de l'eau entre la graine et la terre n'est qu'un exemple d'un phénomène qui a une grande généralité. C'est ainsi que si nous envisageons les micro-organismes, qui sont partout présents dans la nature, nous constatons des faits identiques; les bactéries nitrifiantes qui peuplent les sols, et dont l'activité peut se mesurer par la quantité de nitre qu'elles forment, se comportent comme les graines. De même que tous les êtres vivants, elles ont besoin d'eau, non seulement de la petite quantité qui satisfait à leur affinité de substance organique, mais de ce qu'on peut appeler l'eau de végétation, qui gonfle les cellules et provoque leur multiplication et leur fonctionnement. Quand on étudie le processus de la nitrification dans des terres de natures diverses, on est frappé de voir qu'elle peut être active dans des sols qui ne contiennent que 2 à 3 pour 100 d'eau, nulle dans d'autres qui en contiennent 18 à 20 pour 100. Dans les premières, dont l'affinité est satisfaite avec 1 à 2 pour 100, les organismes trouvent de l'eau disponible ; dans les secondes, argileuses ou humifères, et dont, par suite, l'affinité n'est satisfaite qu'avec 20 à 22 pour 100, il n'y a pas d'eau disponible pour ces organismes, qui se bornent à se mettre en équilibre hygroscopique avec le milieu ambiant et ne peuvent absorber l'eau nécessaire à leur activité microbienne.

Nous n'avons jusqu'ici envisagé que la terre comme support. Si nous étudions au même point de vue les matières organiques les plus variées, nous voyons que, vis-à-vis des organismes de la fermentation, de la moisissure, de la pourriture, elles se comportent comme les matériaux terreux. Toutes ces matières ont une affinité spécifique pour l'eau et en contiennent le plus souvent dans une proportion voisine de 15 pour 100.

Nous avons également pu mettre cette aptitude en évidence par l'emploi du calorimètre. Les germes des micro-organismes les plus divers se trouvent dans ces matières et sont en équilibre hygroscopique avec elles; mais ils ne

peuvent pas se développer, l'eau, fixée par l'affinité, n'étant pas à leur disposition. Mais s'il intervient une très petite quantité d'eau en plus de celle qui satisfait à l'affinité du milieu, les germes en ont à leur disposition, bourgeonnent et produisent le pullulement des organismes destructeurs.

Voici un exemple de ces effets : la farine de blé contient 15 à 16 pour 100 d'eau lorsqu'elle est à sa limite de saturation. Une infinité de germes s'y trouvent, qui restent inertes aussi longtemps que l'état d'humidité ne change pas. Mais dès que la proportion d'eau dans la farine vient à augmenter quelque peu, si elle monte à 17 ou 18 pour 100, immédiatement il y a de l'eau disponible, sur laquelle les germes peuvent prendre ce qui leur est nécessaire pour manifester leur vitalité. Rapide et profonde est alors l'altération de la farine.

Toutes les substances alimentaires, tous les produits de nos récoltes, donnent lieu aux mêmes phénomènes. Aussi longtemps qu'elles ne contiennent pas plus d'eau que celle qui répond à leur affinité spécifique, elles sont incapables de céder assez d'eau aux micro-organismes pour leur donner l'activité vitale. On sait de quelle importance est, pour la conservation des denrées, leur maintien à l'abri des causes d'humectation.

Nous n'avons jusqu'ici considéré comme supports que des milieux inertes; mais si le milieu est lui-même vivant, végétal ou animal, de pareilles actions ne peuvent-elles pas intervenir, et le développement des maladies microbiennes ne tient-il pas, dans beaucoup de cas, à la présence, dans les tissus, de quantités d'eau supérieures à celles qui sont strictement nécessaires à leurs affinités? Cet excès favoriserait alors la germination et le développement des microbes pathogènes en contact avec ces tissus.

Pour les plantes tout au moins, il semble bien en être ainsi; exemple : le développement du mildew sur les feuilles de vigne contenant 75 pour 100 d'eau; la résistance de celles qui n'en ont que 65 pour 100.

Ces dernières considérations mises provisoirement à part, il résulte de l'ensemble de mes observations que l'activité vitale n'est possible que là où l'équilibre hygroscopique entre le milieu inerte et le germe auquel il sert de support est rompu par l'apport d'une quantité d'eau telle que la limite de saturation du milieu soit dépassée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la douzième campagne scientifique de la* Princesse-Alice. Note de S. A. S. **Albert, Prince de Monaco.**

Pendant l'année 1909, j'ai exécuté sur la *Princesse-Alice* les opérations suivantes :

20 sondages en eau profonde jusqu'à 5940^m, dont 15 avec prélèvement d'échantillon du fond et 4 avec prélèvement d'échantillon d'eau.

4 dragages jusqu'à 4600^m et pour lesquels un chalut à étriers était employé.

1 pose de nasse à 5940^m et 2 suspensions de nasse entre deux eaux.

10 lignes de fond (palancres) jusqu'à 5940^m.

2 poses de trémails sur des fonds littoraux.

8 pêches au haveneau dont deux sous un projecteur électrique.

21 descentes de filet vertical jusqu'à 5500^m.

51 traînages de filet fin à plankton.

1 photographie en couleurs d'animaux frais.

1 envoi de ballon-sonde participant au lancer international du mois d'août.

Des échantillons du fond et des échantillons d'eau ont été envoyés au professeur Gockel, de l'Université de Fribourg, pour la recherche de la radioactivité. Ce savant vient de me faire connaître que les sédiments marins venant de 1540^m à 5540^m sont plus riches en radium que les roches sédimentaires de la surface de la Terre. Les vases sont d'autant plus actives qu'elles sont moins calcaires (résultat déjà obtenu par M. Joly). L'eau de mer est moins active que l'eau de source ordinaire.

Une fois de plus, on a constaté au large, et à une centaine de milles dans l'ouest de Gibraltar, une température de 12°, à la profondeur de 1270^m, confirmant l'influence chaude des eaux de la Méditerranée qui s'écoulent par-dessus le seuil de Gibraltar. Car, à cette profondeur de l'Atlantique, la température normale est de 6° à 7°. Dans la même région, le 17 juillet 1908, la *Princesse-Alice* avait trouvé 10° à 1329^m et, le 20 juillet, 12°,7 à 749^m.

Les résultats les plus intéressants de cette campagne, au point de vue zoologique ou biologique, sont les suivants.

Le chalut a donné, notamment dans la Méditerranée et par 950^m, un Crustacé rare *Calliaxis adriatica*, sans doute, et un *Sipunculus*.

La nasse a fourni, de 5940^m et dans l'Atlantique, des petits Amphipodes.

Le palancre a ramené du fond à 2718^m, notamment un *Centroscymnus cœlolepis*; c'est la plus grande profondeur de laquelle un résultat me soit revenu au moyen d'hameçons.

Les projections électriques ont permis de capturer, avec un haveneau,

certains Poissons et Crustacés de la surface ou de ses environs, et aussi deux Calmars de taille assez grande (environ 40^{cm}) et qui montent de la profondeur pendant la nuit.

Le filet vertical à grande ouverture de 9^{m^2} m'a livré, au milieu de récoltes très abondantes, deux exemplaires de *Stellosphæra* (larve très particulière de Stelléride, découverte par la *Princesse-Alice*); puis, entre la surface et 1500^{m}, sur un fond de 5940^{m}, cet appareil a permis la capture, plus remarquable encore, faite entre 0^{m} et 1209^{m} au-dessus d'un fond atteignant 2535^{m}, de deux Étoiles de mer bien caractérisées, quoique très jeunes, et qui dérivent peut-être du *Stellosphæra*.

Un certain nombre de poissons intéressants ont été obtenus des pêcheurs en eau profonde, que l'on a rencontrés sur les côtes d'Espagne et de Portugal.

Cinq journées et cinq nuits de cette campagne furent consacrées à une station sur un point situé par 43°03′ lat. N. et 19°41′ long. W. (Gr.), vers 926^{km} au large du Portugal. La profondeur atteignait près de 6000^{m} (5940^{m}) et tous les niveaux depuis la surface ont été explorés.

Cette étude, faite suivant les méthodes que j'applique aux stations complètes, offre le cas d'une absence presque totale de vie organique depuis le fond jusqu'à la surface. Des organismes très rares et chétifs ont seuls été recueillis par le filet vertical. Quelques Aiguilles et quelques Céphalopodes ont passé dans la zone lumineuse du projecteur. Les Oiseaux eux-mêmes ne se montrèrent pas, non plus que les Cétacés, dans toute cette région d'un caractère désertique difficile à expliquer autrement que par les migrations du plankton de la surface.

En effet, non seulement celui-ci alimente les animaux au milieu desquels il vit, mais il envoie vers la profondeur des nappes de matière organique morte dont les éléments sont utilisés par les populations ambiantes.

Le ballon-sonde, lancé le 6 août, est monté à 12200^{m} et il présente cette particularité que, depuis la surface de la mer jusqu'à la hauteur, il a rencontré un vent de la même direction; car, en suivant ce ballon pour le reprendre, nous avons fait 90^{km} au Sud à 2° près.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les travaux océanographiques du Musée de Monaco.* Note de S. A. S. **Albert, Prince de Monaco.**

Le Musée océanographique de Monaco a été inauguré au mois de mars dernier, mais je n'avais pas attendu jusque là pour faciliter le travail des

savants étrangers dans ses laboratoires. Ainsi, depuis 1907, l'*Eider*, un petit bâtiment à vapeur construit exprès et muni de l'armement nécessaire, était attaché au service de ces derniers. Voici un résumé des opérations poursuivies, d'autre part, avec cet auxiliaire, pour le compte du Musée lui-même et sous la direction du directeur de l'établisssement, le docteur Richard.

De 1907 à 1909 on a obtenu dans 141 sorties :
177 sondages avec le sondeur Léger.
951 échantillons d'eau avec la bouteille Richard.
951 températures avec le thermomètre Richter.
951 déterminations de salinité par la méthode Knudsen.
364 prises de plankton de profondeur avec le filet Nansen.
217 prises de plankton de surface avec le filet étroit.

Progressivement ces premières opérations se sont régularisées suivant une méthode qui leur donne leur principale valeur ; ainsi elles se font deux fois par semaine pendant une partie de l'année et elles se feront bientôt pendant toute l'année, aux profondeurs suivantes : 0^m, 25^m, 50^m, 75^m, 100^m, 150^m, 200^m sur deux points de la mer, toujours les mêmes. L'un est situé à 2485^m au large du Musée, au-dessus d'un fond de 228^m ; l'autre à 3815^m plus loin sur le même alignement et au-dessus d'un fond de 444^m.

M. Nathansohn, professeur à l'Université de Leipzig, a déjà publié un important Mémoire sur les rapports des variations des éléments océanographiques avec celles du plankton, basé sur les recherches de l'*Eider* ; nous construisons maintenant des courbes de température et de salinité.

Ces travaux du Musée océanographique de Monaco vont donc au-devant du programme d'études internationales que prépare la Commission océanographique de la Méditerranée dont la présidence m'a été confiée. Ils répondent d'abord au besoin reconnu d'observations locales dont il est important de généraliser la pratique.

S. A. S. le **Prince de Monaco** présente à l'Académie une nouvelle feuille de la *Carte des gisements de Mollusques comestibles des côtes de France*, dressée par M. Joubin. Cette feuille, la 17e de l'Atlas, comprend toute la baie de Saint-Malo, du cap Fréhel à la pointe de Cancale. Elle est intéressante par la variété des conditions biologiques qu'y rencontrent les animaux, notamment dans l'embouchure de la Rance qui constitue un véritable fjord. Les gisements huîtriers, qui autrefois étaient riches et nombreux, sont aujourd'hui presque complètement ruinés et il a fallu tous, sauf un, les

déclasser administrativement. Les Coques (*Cardium edule*) sont très abondantes et, dans la seule baie de la Fresnaye, on en récolte plus de 20000^{hl} par an. Les autres coquillages ne fournissent pas, dans cette région, de commerce important.

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de formation du peroxyde de cæsium.* Note de M. DE FORCRAND.

Les peroxydes des métaux alcalins (sodium, potassium, rubidium, cæsium) des types M^2O^2, M^2O^3, M^2O^4 forment aujourd'hui une série à peu près complète; mais, à part le bioxyde de sodium Na^2O^2, on ne connaît pas encore leur chaleur de formation.

M. Rengade, qui a obtenu, il y a 4 ans [1], le tétroxyde de cæsium Cs^2O^4 à l'état de pureté, ayant bien voulu me demander d'en faire l'étude thermique, j'ai entrepris les expériences suivantes.

L'un des deux échantillons qui m'ont été remis par M. Rengade était un peu altéré à la surface, et son examen ne pouvait conduire qu'à une première donnée approximative. L'oxyde pesait $1^g,3855$; il était contenu dans une nacelle d'aluminium. La dissolution faite dans 200^{cm^3} d'eau additionnée de 20^{cm^3} d'acide sulfurique étendu (à 20^g de SO^3 par litre) a donné $+34^{Cal},22$ pour Cs^2O^4.

Le second échantillon, non altéré, pesait $1^g,3002$. Il était formé par une matière jaune en couche mince, rougeâtre en couche épaisse, étalée au fond de la nacelle d'aluminium où elle avait été fondue. La réaction

$$Cs^2O^4 \text{ sol.} + SO^4H^2 \text{ diss.} = Cs^2SO^4 \text{ diss.} + H^2O \text{ diss.} + O^2 \text{ gaz.}$$

a fourni $+32^{Cal},84$ à $+10°$ [2].

Il y a lieu d'ajouter à ce nombre d'abord $+0^{Cal},06$ pour tenir compte de l'excès d'acide employé, puis $+0^{Cal},12$ pour la vaporisation de l'eau entraînée par l'oxygène. On trouve donc finalement $+33^{Cal},02$.

Et comme on connaît

Cs^2 sol. + Aq.	$+96^{Cal},90$
2 CsOH diss. + SO^4H^2 diss.	$+31,64$
$H^2 + O^2$ + Aq.	$+45,94$

(1) *Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 1149.

(2) L'analyse a donné : Cs pour 100 : 80,24 (théorie 80,61) et O à l'état d'eau oxygénée : 4,93 (théorie 4,85). C'est donc bien du tétroxyde pur.

on en déduit

$$Cs^2 \text{ sol.} + O^4 \text{ gaz.} = Cs^2O^4 \text{ sol.} \ldots\ldots \quad + 141^{Cal},46$$

et

$$Cs^2O \text{ sol.} + O^3 \text{ gaz.} = Cs^2O^4 \text{ sol.} \ldots\ldots \quad + 58,76$$

Le premier de ces nombres est voisin de ceux fournis par $Li^2 + O$ ou $Sr + O$, soit $+143,32$ et $+138,64$; d'où il résulte immédiatement que les métaux alcalins doivent s'oxyder au maximum (M^2O^4) pour montrer vis-à-vis de l'oxygène autant d'affinité que les métaux alcalino-terreux dans leurs protoxydes. Et déjà la chaleur de formation des bioxydes alcalino-terreux dépasse sensiblement la valeur précédente ($Sr + O^2 = +151,71$).

On remarquera encore que la fixation des 3^at^ d'oxygène sur Cs^2O dégage beaucoup moins de chaleur ($+58,76$) que la fixation du premier atome ($+82,70$) et que la moyenne, soit le tiers de 58,76, donne $+19^{Cal},59$ pour chaque atome d'oxygène supplémentaire fixé, soit, en moyenne, le quart de $+82,70$.

Et il vient tout d'abord à l'esprit l'idée de rapprocher ce nombre moyen : $+19^{Cal},59$ de la chaleur dégagée dans le passage de Na^2O à Na^2O^2. On a en effet :

$$Na^2 + O \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad + 100^{Cal},70$$
$$Na^2 + O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad + 119,77$$

donc

$$Na^2O + O = Na^2O^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad + 19^{Cal},07$$

ce qui est la même valeur, sensiblement.

Mais il est certain que ce rapprochement n'est que fortuit. On ne doit pas en conclure notamment que l'on aurait :

$Na^2O + O \ldots\ldots$	$+19^{Cal},07$	$Cs^2O + O \ldots\ldots$	$+19^{Cal},59$
$Na^2O^2 + O \ldots\ldots$	$+19,07$	$Cs^2O^2 + O \ldots\ldots$	$+19,59$
$Na^2O^3 + O \ldots\ldots$	$+19,07$	$Cs^2O^3 + O \ldots\ldots$	$+19,59$

soit :

$Na^2 + O^4 \ldots\ldots$	$+157^{Cal},91$	$Cs^2 + O^4 \ldots\ldots$	$+141^{Cal},46$

car il arrive toujours que la suroxydation dégage de moins en moins de chaleur à mesure qu'elle se complète; les nombres vont donc certainement en décroissant.

On sait en outre que le bioxyde de sodium Na^2O^2 est le dernier terme réalisable par oxydation directe du métal, lorsqu'on opère dans les condi-

tions ordinaires, c'est-à-dire à la pression ordinaire et à une température de 200° à 300° au moins, nécessaire pour sortir de la zone de repos chimique dans ces sortes de réactions. Les peroxydes Na^2O^4 et Na^2O^3 sont donc complètement dissociés à ces températures, ce qui conduit à attribuer aux réactions

$$Na^2O^2 + O \quad \text{et même} \quad Na^2O^2 + O$$

une valeur inférieure à 7^{Cal} ou 8^{Cal}.

D'autre part M. Rengade a constaté que Cs^2O^4 a déjà une tension de dissociation sensible (environ 7^{mm}) vers 450°, bien qu'on puisse cependant la faire fondre à 515°, sans altération, dans un courant d'oxygène pur. Ces observations conduiraient à attribuer à Cs^2O^4 une température de dissociation de 550° environ et par suite une valeur de $+12^{Cal},5$ à peu près pour la réaction

$$Cs^2O^3 + O = Cs^2O^4.$$

Il resterait donc $+58,76 - 12,5$, soit $46^{Cal},26$ pour la fixation de O^2 sur Cs^2O, et encore ce nombre devrait-il se décomposer en deux fractions inégales pour mesurer le passage de Cs^2O à Cs^2O^2 d'abord, puis de Cs^2O^2 à Cs^2O^3, la première réaction dégageant plus de chaleur que la seconde.

De sorte que le Tableau des chaleurs de formation du protoxyde et des peroxydes de cæsium aurait l'allure suivante :

$$\begin{aligned} Cs^2 + O &= Cs^2O + \overset{Cal}{82,7} \\ Cs^2 + O^4 &= Cs^2O^4 + 141,46 \end{aligned}$$

par différence :

$$Cs^2O + O^3 = Cs^2O^4 + 58,76$$

cette différence se décomposant à *peu près* de la manière suivante :

$$\begin{aligned} Cs^2O + O &= Cs^2O^2 + \overset{Cal}{28,26} \\ Cs^2O^2 + O &= Cs^2O^3 + 18,0 \\ Cs^2O^3 + O &= Cs^2O^4 + 12,5 \\ \hline & \quad + 58,76 \end{aligned}$$

La connaissance de quelques autres termes de la série des peroxydes alcalins permettra de préciser la signification de ce Tableau.

Mais, dès à présent, la valeur de suroxydation : $+58^{Cal},76$ permet d'expliquer pourquoi la cæsine hydratée du commerce, soit $CsOH + H^2O$, ne peut être déshydratée complètement lorsqu'on la chauffe à l'air, vers 450°, au creuset d'argent, sans qu'il se forme un peroxyde.

Il s'agit en somme de comparer les deux réactions suivantes, que nous connaissons complètement maintenant :

$$\underset{82,7}{Cs^2O} + \underset{59,35 \text{ à } 100^\circ}{H^2O \text{ gaz.}} = \underset{202,06}{2\,CsOH} + 60^{Cal}.01$$

et

$$Cs^2O + O^3 = Cs^2O^4 + 58^{Cal}.76.$$

Les deux valeurs sont extrêmement voisines, la différence étant seulement (à 100°) de $+ 1^{Cal},25$ en faveur de la première. Mais déjà à 200° cette différence s'annule, car le nombre 59,35 devient 58,2, et elle devient négative à 300° ou 400°. C'est alors la seconde réaction qui dégage le plus de chaleur (2^{Cal} à 3^{Cal} de plus environ), surtout si le métal de la nacelle d'argent intervient en s'oxydant lui-même.

Dès lors, à cette température, l'oxygène doit réagir sur $2\,CsOH$, chasser l'eau et former le peroxyde Cs^2O^4.

On aurait même là un moyen très simple de préparer Cs^2O^4 (chauffer $CsOH$ à 500° dans un courant d'oxygène), mais la réalisation de l'expérience se trouve gênée par l'attaque des nacelles, ce qui ne permet pas d'obtenir le peroxyde pur par cette méthode.

Je discuterai prochainement des faits analogues pour les autres métaux alcalins en faisant connaître la chaleur de formation du peroxyde de potassium K^2O^4.

BOTANIQUE. — *La truffe peut-elle se replanter?* Note de M. **Lecoq de Boisbaudran**.

Dans les *Comptes rendus* (17 mai 1910, p. 1255), M. G. Boyer a décrit d'intéressantes observations faites par lui sur la croissance de la truffe noire et d'après lesquelles il ne semblerait pas que le tubercule pût se nourrir dans la terre après la section de ses attaches mycéliennes.

J'ai autrefois remarqué un fait qui m'avait conduit à penser que si l'ablation du mycélium nuisait, dans une certaine mesure, au développement de la truffe, il ne l'empêchait pas absolument; soit que la truffe absorbât les sucs de la terre, soit plutôt, peut-être, qu'elle se remît en communication avec l'arbre (chêne noir) par un nouveau mycélium.

Vers la fin d'août, j'arrachai une truffe pesant quelques grammes. Le terrain, très peu profond, argilo-calcaire et rouge, reposait sur un rocher calcaire (crétacé inférieur), à la Grolette, près Cognac (Charente).

Extérieurement, la truffe était noire. D'un coup d'ongle, on enleva un petit éclat de chair, laquelle était ferme et très blanche.

La truffe fut alors remise en place, après qu'on eut noté la forme de sa blessure et repéré sa position sur le terrain.

A l'époque ordinaire de la récolte, la truffe fut retrouvée et identifiée; elle avait beaucoup grossi et était noire à l'extérieur; la forme générale avait peu varié; l'intérieur était noir et même un peu plus que ne le sont les truffes en moyenne; il y avait peu ou point de marbrures blanches; la chair était sensiblement plus ferme que chez les truffes ordinaires; le goût m'a paru être presque normal, quoique certainement un peu inférieur à celui des autres truffes voisines.

S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de la médaille frappée à l'occasion de l'inauguration du *Musée océanographique de Monaco*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *Lortet*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 50,

M. Pérez	obtient	.....	45 suffrages
M. Sauvage	»	.....	3 »
M. Bataillon	»	.....	1 suffrage
M. Renaut	»	.....	1 »

M. **Pérez**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

MM. **Andrew C.-D. Crommelin** et **P.-H. Cowell** adressent des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Plusieurs brochures relatives au *Congrès mondial des Associations internationales sous le patronage du Gouvernement belge* (*Bruxelles*, 1910). (Présenté par M. le Prince Roland Bonaparte.)

2° *Plan de travaux océanographiques à exécuter dans les stations maritimes, adopté à Monaco par la Commission de la Méditerranée le* 1er *avril* 1910. Texte rédigé par M. Joubin. (Présenté par S. A. S. le Prince Albert de Monaco.)

3° *Documents scientifiques de la Mission* Tilho (1906-1909). Tome I. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

4° *Dictionnaire haoussa, Grammaire et contes haoussas*, par M. Landeroin et J. Tilho. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

5° *L'arbre à caoutchouc du Tonkin et du Nord-Annam*, Bleekrodea tonkinensis *Dub. et Eber.*, par Ph. Eberhardt et M. Dubard. (Présenté par M. G. Bonnier.)

ASTRONOMIE. — *Phénomènes observés au Pic du Midi du* 18 *au* 19 *mai* (*passage de la comète de Halley sur le Soleil*). Note de M. **Émile Marchand**, présentée par M. J. Violle.

Dans les deux stations de l'observatoire (Pic du Midi et Bagnères-de-Bigorre) toutes les dispositions avaient été prises pour observer aussi bien que possible les divers phénomènes auxquels pouvait donner lieu le passage de la Terre à travers la queue de la comète de Halley. Mes collaborateurs et moi-même sommes restés en observation toute la nuit; malheureusement le temps a été très peu favorable; pendant la nuit le ciel est resté presque entièrement couvert de strato-cumulus dont la partie inférieure (située vers 2800m) balayait souvent le Pic du Midi. Cependant, il y a eu des éclaircies étendues, à travers lesquelles nous avons pu voir les étoiles et la Lune, mais sans apercevoir *aucune étoile filante* (il en avait été de même d'ailleurs, pendant les nuits précédentes, avec un état du ciel à peu près semblable).

Dans ces éclaircies, aucune lueur anormale n'a été constatée au voisinage du zénith. Mais, un peu avant 3h, M. Latreille au Pic, a vu à l'horizon du N au NNE, puis un peu plus tard du NW à l'E, une bande lumineuse, assez large, de couleur jaune orangé, que j'ai observée moi-même, à Bagnères, entre 3h et 4h. Cette bande n'était autre chose que l'un des phénomènes qui précèdent normalement le lever du Soleil; cependant, c'est seulement lorsque

l'atmosphère est chargée de poussières très fines et très élevées (comme cela s'est produit, par exemple, en 1902 et 1903, après l'éruption de la Martinique) qu'elle prend une grande étendue et qu'elle précède ainsi, de 2^h, le lever du Soleil.

D'autre part, dans les éclaircies, la Lune s'est montrée entourée d'un cercle de lumière verdâtre, de $1^\circ,5$ à 2° de diamètre, tout à fait semblable à celui que j'ai souvent observé en 1903.

Ce phénomène a été encore plus marqué dans les soirées du 19 et du 20. De plus, dans la soirée du 20, ce cercle présenta d'abord une teinte rouge cuivré très prononcée en même temps qu'on voyait, à l'horizon NW, des strates rougeâtres d'aspect poussiéreux, assez élevées, et absolument différentes des cirro-stratus. Mais l'horizon même était chargé de strato-cumulus, et, par suite, il n'y eut pas de segments roses après le coucher du Soleil, ni de bandes colorées, longtemps prolongées à l'horizon. Plus tard, la couronne lunaire, toujours intense, devint verdâtre, comme les jours précédents, sans autre coloration sensible sur le contour extérieur.

Le 19, une couronne analogue existait autour du Soleil, avec un diamètre de 2° à 3°; elle était plus visible encore les jours suivants et parfois assez colorée en rouge, sur le bord, pour frapper même des observateurs peu attentifs.

Considérés comme phénomènes de diffraction, ces couronnes supposent l'interposition de poussières dont les grains auraient un diamètre moyen de 20^μ à 30^μ (microns).

Il y avait grand intérêt à étudier la variation possible de la radiation solaire du 18 au 19 mai, et M. Violle avait bien voulu m'écrire pour me recommander les observations actinométriques. Malheureusement, l'état du ciel a été des plus défavorables, non seulement les jours précédant le 19, mais aussi depuis cette date jusqu'à ce jour (28 mai), et il n'a été possible d'observer utilement que le 19 même, de 11^h à 14^h, au Pic du Midi.

Le 19, les observations de M. Latreille ont donné 2,40 à 11^h30^m et 2,23 à 13^h30^m pour intensités de la radiation solaire directe (en unités arbitraires dont la valeur est voisine de 0,6 calorie-gramme par minute et par centimètre carré); ces nombres sont beaucoup plus faibles que ceux obtenus ordinairement vers la même date et aux mêmes heures (2,8 à 3,0); ils sont même inférieurs à ceux donnés par les mesures faites en mars et avril 1910. Il a été impossible de faire de nouvelles observations depuis le 19. Malgré cela, il semble bien résulter, de tous les faits exposés précédemment, que *des poussières très ténues, d'origine cosmique, se sont répandues, du 18 au 19 mai, dans l'atmosphère terrestre.*

Le 19, à 7^h du matin, M. Latreille a pu, au Pic du Midi, observer le Soleil, par projection, à l'équatorial Eichens de 0^m22 : il n'a rien aperçu d'anormal sur l'image projetée. Un groupe de taches et facules important, que nous suivions depuis plusieurs jours, arrivait alors au méridien central du disque solaire, et il semble que ce soit simplement à cette circonstance qu'il faille attribuer (selon la loi que j'ai énoncée en 1887) la *perturbation magnétique qui s'est produite dans la nuit du* 18 *au* 19.

Cette perturbation n'a pas été forte; les plus grandes variations, en déclinaison, n'ont atteint que 5',0 au Pic du Midi et 4',7 à Bagnères. Il y a eu en même temps des variations et des changements de signe (que j'ai observés toute la nuit) du *courant tellurique* sur la ligne télégraphique de l'Observatoire, mais ces variations n'ont rien présenté d'exceptionnel.

Enfin, des mesures du *champ électrique de l'atmosphère* ont été faites, *au Pic du Midi*, dans la soirée du 18 et la matinée du 19; le brouillard, fréquent dans la nuit, n'a pas permis de les continuer entre 21^h (du 18) et 6^h (du 19): *on n'a rien constaté d'anormal. A Bagnères*, M. Dort a trouvé, à 7^h, *une valeur extrêmement forte* du champ (330 volts par mètre), la moyenne de 7^h étant de 140, en mai) d'autant plus anormale que le ciel était alors couvert de strato-cumulus uniformes et élevés (vers 2000^m) ne présentant aucun aspect orageux, circonstance qui diminue ordinairement la valeur du champ. Malgré cela, l'ensemble de nos observations ne semble comporter *aucune conclusion nette en ce qui concerne l'action électrique possible de la matière cométaire.*

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Sofia (Bulgarie), le* 18 *mai* 1910. Note de M. **K. Popoff**, présentée par M. Bigourdan.

Pendant la nuit du 18 mai le ciel était brumeux, et il n'y a eu rien qui ait attiré l'attention jusqu'au moment du coucher de la Lune. Dès ce coucher, les brumes légères se sont dissipées et ont laissé voir la queue de la comète, qui était moins lumineuse et un peu plus longue que le jour précédent. Elle n'était pas changée d'aspect : large de 10° près de l'horizon, elle se rétrécissait peu à peu et n'avait que 1° de largeur à son extrémité, qui touchait la voie lactée près de ζ Aquilæ. On a pu l'observer jusqu'à 15^h3^m, temps local.

Dès le lever du Soleil, je me suis mis à examiner la surface solaire avec une lunette de 98^{mm} d'ouverture. Ces observations, qui ont duré de $17^h 3^m$ à $18^h 0^m$, temps local, étaient souvent empêchées par les nuages. Je n'ai pas pu surprendre de trace de la comète sur le disque solaire.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire d'Athènes.* Note de M. **D. Egnitis**, présentée par M. Bigourdan.

Les observations relatives à la comète de Halley ont été favorisées, à Athènes, durant toute la nuit du 18 mai, par un ciel très beau. La Lune, assez forte, gênait beaucoup l'observation de la queue; on n'a pu l'apercevoir bien que tout de suite après le coucher de notre satellite.

L'*éclat* de la queue, qui diminuait déjà constamment depuis plusieurs jours, était sensiblement plus faible que pendant les trois précédentes nuits; elle était moins lumineuse de beaucoup que la *Voie Lactée* et elle avait un aspect sombre de fumée. Sa *longueur* était de 117°; son extrémité, d'environ 5° de *largeur*, paraissait aboutir vers l'étoile ζ Aigle, près de la Voie Lactée, qui, très probablement, empêchait, par son éclat intense, son observation au delà de cette limite; car, pendant plusieurs nuits consécutives, on la voyait se terminer exactement à cette même place.

La queue fut visible, sans aucune variation sensible, jusqu'à $15^h 50^m$ du matin (t. m. d'Athènes); elle n'a disparu qu'au moment où l'aube, déjà trop lumineuse, l'a rendue invisible.

Pendant la nuit du 18 mai, il ne se produisit dans l'atmosphère terrestre aucun phénomène extraordinaire; toutes les courbes de nos instruments enregistreurs météorologiques présentent une marche régulière. De même les courbes de notre magnétographe Mascart ont l'aspect ordinaire, avec quelques perturbations très faibles.

On n'a vu tomber que deux étoiles filantes pendant toute la nuit, et aucun bolide. Ce n'est qu'en Thessalie, près de Volo, qu'on a aperçu à $13^h 15^m$ (t. m. d'Athènes) un bolide splendide, qui éclata avec un bruit assez fort pour effrayer la population. Le ciel n'a présenté ni illumination particulière ni aucune lueur phosphorescente.

La queue de la comète a continué d'être visible, à l'Est, exactement à la même position que la veille, mais un peu plus faible, le lendemain encore, 19 mai, vers 15^h du matin; elle a été bien vue, à l'œil nu, par un grand nombre de personnes. Le soir du 20 mai, vers 7^h à 8^h, nous l'avons observée

au moyen de notre grand équatorial; elle était encore dirigée *vers l'Ouest*, soit *du côté du Soleil*.

L'aspect de la tête, de coloration jaunâtre, a subi des transformations importantes depuis le 12 mai :

Le noyau, plus étendu mais moins brillant, ne se sépare plus d'une manière aussi nette de la nébulosité de la tête. Le contour qui limite la tête de la comète vers son sommet, paraît, au contraire, *très net* et très brillant; il se présente sous la forme d'un arc parabolique bien lumineux, non frangé extérieurement, ayant son sommet tangent intérieurement au noyau; il tourne sa convexité à l'Est, soit, en *apparence*, à l'*opposé du Soleil*. La queue paraît, relativement, *trop courte;* on dirait que la comète était tronquée ou en partie occultée. Elle a la forme de la phase de la Lune un peu avant son premier quartier; la longueur de l'axe de la queue est d'environ 2′, presque quatre fois plus petite que la largeur de la corde qui limite la queue (¹). La queue est complètement invisible à l'œil nu.

Nous avons cherché la queue de la comète, le lendemain matin, 20 mai, à l'Est, de 14^h à $15^h 30^m$; mais nous ne l'avons pas vue.

Il est vrai que la Lune était plus forte, et quelques nuages couvraient en partie le ciel; mais il est certain aussi que, par moments, nous l'aurions bien aperçue, si elle existait. Il est évident qu'il ne s'agit ici que d'un effet *apparent* de perspective ou de projection sur la voûte céleste de la queue, *fortement recourbée en arrière, du côté d'où venait la comète*, comme d'ordinaire; ces apparences ne sont donc que le résultat de la *grande courbure* caudale, en combinaison avec la position de la Terre relativement à la comète et au Soleil, aux environs de la conjonction de ces trois corps.

La queue, par conséquent, s'est montrée de nouveau dans sa direction régulière, soit à l'opposé du Soleil, aussitôt qu'elle a passé de l'autre côté de la Terre.

De ces observations il résulte évidemment que le passage de la Terre à travers la queue de la comète n'a pas eu lieu dans la nuit du 18 mai; la courbure très forte de la queue l'a considérablement retardé, si elle ne l'a pas rendu impossible. En tous cas le passage de la queue de l'autre côté de la Terre ne peut avoir eu lieu avant le soir du 20 mai, et probablement pendant la nuit de ce jour, c'est-à-dire presque deux jours plus tard que le passage du noyau de la comète devant le disque solaire. Pendant cette nuit, vers $5^h 30^m$ du matin, un orage empêcha d'autres observa-

(¹) Les nuages, qui ont bientôt couvert l'astre, ne nous ont pas permis, malheureusement, de mesures plus précises.

tions du ciel; mais dans les éclaircies nous n'avons pas vu tomber des étoiles filantes.

Dans sa Note, publiée dans les *Astronomische Nachrichten* (n° 4739) avec l'éphéméride de la comète, M. A. Crommelin donna comme date (*non définitive*) du passage de la tête de l'astre devant le disque solaire le 18,6 mai (t. m. de Greenwich); d'après ces éléments, donc le passage devait être invisible à Athènes ainsi que dans toute l'Europe occidentale. Mais la discussion des dernières observations de la comète nous avait conduit au résultat que ce passage aurait lieu un peu plus tard (1); il devait commencer, d'après nos calculs, quelques minutes après le lever du Soleil à Athènes. D'un autre côté, une dépêche du *Bureau central de Kiel*, arrivée à l'Observatoire le soir même du 18 mai, confirmait ce résultat : elle fixait le passage de $17^h 4^m,2$ à $18^h 4^m,0$ (t. m. d'Athènes).

Le disque solaire, observé au moyen de notre grand équatorial Gautier ($0^m,40$) aussitôt après son lever, pendant plus d'une heure et demie, n'a présenté rien de particulier. La tête de la comète a passé complètement inaperçue et aucune diminution sensible de l'éclat du Soleil n'a été constatée; le noyau cométaire, ainsi que ses parties constitutives, projetées sur le disque solaire, ont été tout à fait invisibles; on n'a vu aucune tache ni aucun point noir traverser la surface du Soleil.

ASTRONOMIE. — *Observations photographiques de la comète de Halley à l'Observatoire de Paris.* Note de MM. **Jules Baillaud** et **G. Demetresco**, présentée par M. B. Baillaud.

Par suite de l'état du ciel, très défavorable à Paris, nous n'avons pu photographier la comète de Halley que les 23, 24, et 28 mai, avec des poses très courtes, au voisinage de l'horizon. Dans ces conditions nous n'avons pu obtenir de renseignements sur la queue, mais seulement sur le noyau.

Le 23 mai, dans les éclaircies, quelque temps avant le coucher de la comète, nous avons fait quatre poses de 5 minutes, 2 minutes, 1 minute et 30 secondes.

Les images qu'elles ont données ont la forme d'une ellipse dont le grand axe a pour angle de position 50°. Sur l'image posée 30 secondes, les axes de l'ellipse ont pour lon-

(1) Nous avons publié ce résultat dans le journal d'Athènes « *Estia* », la veille du jour du passage, et préparé l'observation du passage au grand équatorial.

gneur 18″ et 14″. L'ellipse est assez nettement limitée; sur un fond uniformément gris, se détache, à l'extrémité NE, une condensation plus foncée de diamètre 6′. Sur les images posées 1 minute et 2 minutes, l'ellipse devient de plus en plus noire, mais garde les mêmes dimensions; limitée assez nettement à l'extrémité NE de son grand axe, elle se fond des autres côtés dans une nébulosité qu'on aperçoit jusqu'à une distance de 90″ du centre, et qui paraît s'allonger surtout dans les prolongements du petit axe de l'ellipse, symétriquement par rapport au grand. Les caractères précédents s'accentuent dans l'image posée 5 minutes, mais cette fois, quoique nettement limité à son extrémité NE le noyau se détache en ce point sur un fond nébuleux.

Le 24 mai le ciel était plus brumeux que la veille; nous avons fait des poses de 1 minute et 20 minutes. La pose de 1 minute a laissé une trace à peine visible; celle de 20 minutes a donné une image assez nette. Le noyau a la forme d'une ellipse comme la veille, ayant sensiblement les mêmes dimensions, mais plus mal définie; uniformément grise, sans condensation, et d'une opacité plus faible que celle de l'image du 23 posée 30 secondes. Par contre, on aperçoit une nébulosité d'au moins 2 minutes de long qui s'épanouit entre les angles de position, 200° et 300°; elle possède une arête vive ayant pour angle de position 200°, et sa forme rappelle assez celle de la nébuleuse de Maïa des Pléiades. Son opacité est dans toute son étendue plus grande que celle de l'image du 23, posée 2 minutes.

La photographie du 23 posée 10 minutes est tout à fait faible, on y aperçoit une condensation ayant sensiblement les mêmes dimensions que le noyau des photographies précédentes.

Si l'on voulait conclure quelque chose de ces observations trop peu nombreuses, ce serait d'abord que le noyau avait le 23 et le 24 mai la forme d'une ellipse dont les axes avaient pour longueur 18″ et 14″; puis, qu'il possédait le 23 à l'extrémité NE une petite condensation lumineuse de 6″ de diamètre invisible le lendemain; que le 24 le noyau paraissait plus faible que la veille relativement aux nébulosités qui l'entouraient et qu'il était plus mal défini; enfin que ces nébulosités avaient sensiblement changé de forme d'un jour à l'autre.

Les photographies que nous venons de décrire ont été faites en double et simultanément à l'équatorial de la Carte du ciel et à l'équatorial Mailhat de $0^m,25$ d'ouverture et $3^m,70$ de foyer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la recherche des intégrales intermédiaires de l'équation* $s = f(x, y, z, p, q)$. Note de M. **P.-E. Gau.**

Étant donnée une équation aux dérivées partielles du second ordre de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$, on sait que toute équation formant un système

en involution avec celle-ci peut se mettre sous l'une des deux formes [1]

$$(1)\qquad p_n + \varphi(x, y, z, p_1, \ldots, p_{n-1}) = 0, \qquad p_k = \frac{\partial^k z}{\partial x^k},$$

$$(2)\qquad q_n + \psi(x, y, z, q_1, \ldots, q_{n-1}) = 0, \qquad q_k = \frac{\partial^k z}{\partial y^k}.$$

Considérons la première forme. Si l'on suppose que l'équation (1) n'est pas conséquence d'une équation de même forme et d'ordre moindre, formant également un système en involution avec l'équation proposée (ce qui n'entraîne aucune restriction), on voit facilement que φ satisfait identiquement à l'équation

$$(3)\qquad \begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial y} + q\frac{\partial\varphi}{\partial z} + f\frac{\partial\varphi}{\partial p_1} + \left(\frac{df}{dx}\right)\frac{\partial\varphi}{\partial p_2} + \ldots \\ &\quad + \left(\frac{d^{n-2}f}{dx^{n-2}}\right)\frac{\partial\varphi}{\partial p_{n-1}} + \left(\frac{d^{n-1}f}{dx^{n-1}}\right) = \frac{\partial f}{\partial p_1}(p_n + \varphi), \end{aligned}$$

en supposant toutefois $n \geqq 2$. Le symbole $\left(\frac{d^k f}{dx^k}\right)$ a ici sa signification ordinaire [2].

Ceci posé, supposons que l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$ admette une intégrale intermédiaire, qu'on peut toujours écrire sous la forme

$$A(x, y, z, p_1, \ldots, p_m)\, p_n + B(x, y, z, p_1, \ldots, p_{n-1}) = X(x) \qquad m < n,$$

A et B sont alors déterminés par les équations suivantes :

$$\frac{\partial A}{\partial y} + q\frac{\partial A}{\partial z} + f\frac{\partial A}{\partial p_1} + \ldots + \left(\frac{d^{m-1}f}{dx^{m-1}}\right)\frac{\partial A}{\partial p_m} + A\frac{\partial f}{\partial p_1} = 0,$$

$$\frac{\partial B}{\partial y} + q\frac{\partial B}{\partial z} + f\frac{\partial B}{\partial p_1} + \ldots + \left(\frac{d^{n-2}f}{dx^{n-2}}\right)\frac{\partial B}{\partial p_{n-1}} + A\left[\left(\frac{d^{n-1}f}{dx^{n-1}}\right) - p_n\frac{\partial f}{\partial p_1}\right] = 0.$$

M. Goursat a fait remarquer [3] que, si $m \geqq 2$, on peut conclure de ces équations que l'on a

$$A = \frac{1}{p_m + \psi(x, y, z, p_1, \ldots, p_{m-1})};$$

la fonction ψ satisfait alors à une équation de la forme (3), ce qui montre

---

(1) Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, t. II, p. 106.

(2) Voir ma précédente Note, séance du 2 mai 1910.

(3) *Annales de la Faculté de Toulouse*, 2e série, t. I, 1899, p. 461.

que l'équation $p_m + \psi = 0$ forme avec la proposée un système en involution.

On peut faire une remarque analogue pour le terme B; posons $B = A\varphi$: *on peut alors mettre l'équation qui détermine φ sous la forme* (3), A disparaissant. Donc $p_n + \varphi = 0$ forme également un système en involution avec l'équation proposée.

On déduit de là plusieurs conséquences intéressantes :

1° Toute intégrale intermédiaire, dont le terme A dépend des dérivées d'ordre supérieur à 1, peut se mettre sous la forme $\frac{p_n + \varphi}{p_m + \psi} = N(x)$, les équations $p_n + \varphi = 0$ et $p_m + \psi = 0$ formant chacune avec la préposée un système en involution.

Réciproquement : si l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$ forme avec deux équations distinctes, du même type (1) *par exemple, un système en involution, elle admet une intégrale intermédiaire et, par conséquent, peut s'intégrer par la méthode de M. Darboux.*

Cette intégrale intermédiaire se construit d'ailleurs sans difficulté, quand on connaît les deux équations en involution.

2° Soit (S) une surface intégrale de l'équation

$$s = f(x, y, z, p, q)$$

qui n'est intégrale d'aucune des équations $p_n + \varphi = 0$, $p_m + \psi = 0$. Lorsqu'on se déplace sur une caractéristique $x = \text{const.}$, les quantités $y, z, p_1, \ldots, p_n$ sont des fonctions de la seule variable y. Si l'on fait la substitution, on a donc, sur cette caractéristique,

$$p_n + \varphi = M(y), \qquad p_n + \psi = N(y).$$

Or d'après la remarque précédente, l'expression $\frac{p_n + \psi}{p_m + \varphi}$ est un invariant pour ce système de caractéristiques; donc

$$M(y) = kN(y), \qquad k \text{ étant une constante.}$$

Les deux quantités $p_n + \varphi$ et $p_m + \psi$, qui sont les premiers membres des équations en involution avec la proposée, sont des *covariants* pour les caractéristiques $x = \text{const.}$ La réciproque est évidente.

Toutes ces remarques subsistent dans le cas où A ne dépend que des dérivées d'ordre inférieur à 2, avec de très légères modifications qu'on aperçoit facilement en écrivant les équations qui déterminent A et B dans ce cas particulier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor à coefficients récurrents.* Note de M. S. **Lattès**, présentée par M. Émile Picard.

Dans un Mémoire récent [1], M. Fatou a étudié les séries de Taylor

$$u_0 + u_1 z + u_2 z^2 + \ldots + u_n z^n + \ldots, \tag{1}$$

dans lesquelles u_{n+1} est lié à u_n par une relation de récurrence analytique, $u_{n+1} = f(u_n)$, et il a établi la proposition suivante :

Si la valeur initiale u_0 est choisie dans le domaine d'un point limite régulier α et si le nombre $S = f'(\alpha)$ a un module inférieur à 1, la série (1) représente une fonction méromorphe de z admettant pour pôles simples les points $1, \frac{1}{S}, \frac{1}{S^2}, \ldots, \frac{1}{S^n}, \ldots$, ou certains de ces points.

Je voudrais indiquer ici comment on peut étendre la proposition de M. Fatou au cas où un coefficient quelconque u_n de (1) est lié aux p précédents par une relation de récurrence analytique, à coefficients indépendants de n, et comment on peut transformer alors la série de Taylor en une série de fractions rationnelles. J'utiliserai dans ce but les résultats que j'ai énoncés récemment au sujet des relations de récurrence [2]. Supposons, pour simplifier l'écriture, $p = 3$ et soit la relation

$$u_{n+3} = f(u_n, u_{n+1}, u_{n+2}), \tag{2}$$

admettant le point limite α; soient S_1, S_2, S_3 les racines de l'équation en S relatives à ce point [3]. Nous supposerons que $|S_1|$, $|S_2|$, $|S_3|$ sont inférieurs à 1, différents de zéro, et qu'il n'existe aucune relation de la forme

$$S_i = S_j^{\alpha} S_k^{\beta}$$

à exposants α, β entiers, positifs ou nuls. On peut alors énoncer les résultats suivants, dont je réserve la démonstration pour un travail plus étendu.

Les valeurs initiales u_0, u_1, u_2 étant prises dans le domaine du point limite α, la série (1) représente une fonction méromorphe de z, admettant pour pôles

---

[1] Fatou, *Sur une classe remarquable de séries de Taylor* (*Annales de l'École Normale*, 1910).

[2] *Sur la convergence des relations de récurrence* (*Comptes rendus*, 2 mai 1910).

[3] Voir la Note précédente.

simples les points

$$z = \frac{1}{S_1^p S_2^q S_3^r} \qquad (p, q, r \text{ entiers} \geqq 0),$$

ou certains de ces points.

La série (1) *peut se transformer en une série absolument convergente de fractions rationnelles, de la forme*

$$(3) \qquad \sum_{p,q,r} \frac{\alpha_{p,q,r}\, t_0^p v_0^q w_0^r}{1 - S_1^p S_2^q S_3^r z} \qquad (p, q, r = 0, 1, 2, \ldots),$$

dans laquelle les α *sont des constantes numériques, indépendantes des valeurs initiales* u_0, u_1, u_2; t_0, v_0, w_0 *sont trois fonctions de* u_0, u_1, u_2 *holomorphes dans le domaine du point limite* $u_0 = u_1 = u_2 = \alpha$.

Pour des relations de récurrence particulières, certaines des constantes $\alpha_{p,q,r}$ peuvent être nulles; les pôles correspondants disparaissent alors [1]. De plus, *quelle que soit la relation de récurrence*, une infinité de pôles disparaissent si les valeurs initiales u_0, u_1, u_2 annulent une ou deux des fonctions t_0, v_0, w_0 : ces dernières fonctions égalées à zéro donnent les conditions pour que les u_n soient liés par une relation de récurrence analytique d'ordre 1 ou 2, contenue dans la relation donnée [2], de sorte que une ou deux des quantités S_1, S_2, S_3 interviennent seules.

Réciproquement, *soit donnée, a priori, une série de fractions rationnelles de la forme* (3), les constantes $\alpha_{p,q,r}$ étant telles que la série $\Sigma \alpha_{p,q,r} t^p v^q w^r$ soit convergente lorsque t, v, w sont pris dans des cercles de rayons R, R′, R″ et soient t_0, v_0, w_0 des points pris à l'intérieur de ces cercles de convergence. La série (3) est évidemment une fonction méromorphe de z; *si on la développe en série de Taylor, on obtient une série* (1) *dont les coefficients* u_n *sont liés par une relation de récurrence d'ordre* 3, *admettant pour point limite le point* $\alpha_{0,0,0}$.

On détermine cette relation de la façon suivante. Posons

$$u_n = \sum \alpha_{p,q,r} t^p v^q w^r = \varphi(t, v, w),$$

$$u_{n+i} = \varphi(S_1^i t, S_2^i v, S_3^i w) \qquad (i = 0, 1, 2, 3),$$

---

[1] C'est ce qui arrive dans le cas bien connu d'une relation de récurrence linéaire; on sait que la série (1) a alors pour somme une fraction rationnelle de dénominateur

$$(1 - S_1 z)(1 - S_2 z)(1 - S_2 z).$$

[2] Voir ma Note précédente.

et éliminons t, v, w entre les quatre relations. On obtient ainsi une relation qui donne u_{n+3} en fonction analytique de u_n, u_{n+1}, u_{n+2} : c'est la relation de récurrence cherchée.

Exemple. — Soit la série (3), avec $z_{p,q,r} = \frac{1}{p!\,q!\,r!}$ et la convention $0! = 1$. On a ici

$$\varphi(t, v, w) = e^{t+v+w}.$$

Le calcul précédent donne alors la relation de récurrence

$$u_{n+3} = \frac{u_n^{S_2 S_3} u_{n+2}^{S_1+S_2+S_3}}{u_{n+1}^{S_1 S_2+S_2 S_3+S_3 S_1}}.$$

Si l'on suppose $t_0 = 0$, cette relation d'ordre 3 peut être remplacée par la relation d'ordre 2, contenue dans elle

$$u_{n+2} = \frac{u_{n+1}^{S_2+S_3}}{u_n^{S_2 S_3}}.$$

Si l'on a en même temps $t_0 = 0$, $v_0 = 0$, on peut réduire de même la relation à une relation du premier ordre

$$u_{n+1} = u_n^{S_1},$$

contenue dans la relation d'ordre 3.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la distribution des torsions dans la déformation infinitésimale d'un milieu continu.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans la déformation infinitésimale d'un milieu continu, la dilatation et la rotation moyenne constituent les éléments différentiels du premier ordre, dont le rôle peut être comparé à celui de l'élément linéaire et de la normale dans la théorie des surfaces. L'étude de la torsion et de l'incurvation au voisinage d'un point conduit à la considération des éléments différentiels du second ordre, qui présentent des propriétés géométriques et mécaniques d'un intérêt comparable à celui de la courbure des surfaces et des lignes.

Je m'occuperai d'abord de la torsion. Considérons une fibre rectiligne infiniment ténue; supposons que tous ses éléments soient soumis à des rotations dont les axes coïncident avec celui de la fibre. La *torsion totale* de la fibre est égale à la différence des rotations de ses extrémités. La *torsion moyenne* est le rapport de la torsion totale à la longueur de la fibre. Pour les

éléments de fibres de longueur infiniment petite, nous ne considérerons que la torsion moyenne et nous l'appellerons simplement la *torsion* de l'élément.

Imaginons maintenant, dans un milieu soumis à une déformation infinitésimale, un élément rectiligne infiniment petit MM′, de longueur ds, ayant pour cosinus directeurs α, β, γ. Désignons par

$$\mathrm{R},\quad (p_1, p_2, p_3) \qquad \text{et} \qquad \mathrm{R}+d\mathrm{R},\quad (p_1+dp_1, p_2+dp_2, p_3+dp_3)$$

les rotations moyennes aux points M et M′.

La dérivée géométrique de la rotation $\frac{d\mathrm{R}}{ds}=\mathrm{R}'$ a pour composantes suivant les axes de coordonnées :

$$\mathrm{R}'_x = \alpha\frac{\partial p_1}{\partial x} + \beta\frac{\partial p_1}{\partial y} + \gamma\frac{\partial p_1}{\partial z} = \frac{dp_1}{ds},$$

$$\mathrm{R}'_y = \alpha\frac{\partial p_2}{\partial x} + \beta\frac{\partial p_2}{\partial y} + \gamma\frac{\partial p_2}{\partial z} = \frac{dp_2}{ds},$$

$$\mathrm{R}'_z = \alpha\frac{\partial p_3}{\partial x} + \beta\frac{\partial p_3}{\partial y} + \gamma\frac{\partial p_3}{\partial y} = \frac{dp_3}{ds}.$$

La rotation dérivée peut se décomposer en deux autres : l'une, dirigée suivant l'élément MM′, donne la torsion de cet élément; l'autre, qui lui est perpendiculaire, correspond à une flexion.

2. L'expression de la torsion τ de l'élément MM′ résulte immédiatement des considérations précédentes; on a

$$(1)\qquad \begin{aligned}\tau &= \alpha\frac{dp_1}{ds} + \beta\frac{dp_2}{ds} + \gamma\frac{dp_3}{ds}\\ &= \alpha^2\frac{\partial p_1}{\partial x} + \beta^2\frac{\partial p_2}{\partial y} + \gamma^2\frac{\partial p_3}{\partial z} + \beta\gamma\left(\frac{\partial p_3}{\partial y} + \frac{\partial p_2}{\partial z}\right)\\ &\qquad + \gamma\alpha\left(\frac{\partial p_1}{\partial z} + \frac{\partial p_3}{\partial x}\right) + \alpha\beta\left(\frac{\partial p_2}{\partial x} + \frac{\partial p_1}{\partial y}\right).\end{aligned}$$

La torsion d'un élément de fibre au voisinage d'un point est donc représentée par une fonction du second degré des cosinus directeurs de l'élément. La formule (1) est semblable à celle de la dilatation; elle s'en déduit en remplaçant les composantes du déplacement par celles de la rotation. Les deux résultats se rattachent d'ailleurs à une même propriété générale de la théorie des vecteurs.

Comme dans toutes les questions semblables, on est conduit à représenter la distribution des torsions autour du point M par une surface du second degré, ou mieux par deux surfaces conjuguées dont l'ensemble constitue

l'*indicatrice des torsions*

$$\frac{\partial p_1}{\partial x}X^2+\frac{\partial p_2}{\partial y}Y^2+\frac{\partial p_3}{\partial z}Z^2+\left(\frac{\partial p_3}{\partial y}+\frac{\partial p_2}{\partial z}\right)YZ+\left(\frac{\partial p_1}{\partial z}+\frac{\partial p_3}{\partial x}\right)ZX$$
$$+\left(\frac{\partial p_2}{\partial x}+\frac{\partial p_1}{\partial y}\right)XY=\pm 1.$$

De l'identité

$$\frac{\partial p_1}{\partial x}+\frac{\partial p_2}{\partial y}+\frac{\partial p_3}{\partial z}=0,$$

on déduit que le cône asymptote de l'indicatrice des torsions est toujours réel, et capable d'un trièdre trirectangle inscrit. Les fibres dirigées suivant les génératrices de ce cône ont une torsion nulle; nous l'appellerons pour cette raison le *cône d'intorsion*.

L'indicatrice des torsions met immédiatement en évidence un certain nombre d'éléments qui jouissent de propriétés intéressantes par rapport à la torsion, et aussi par rapport à la flexion.

Aux fibres dirigées suivant les axes, je donne le nom de *fibres des torsions principales*.

La somme algébrique des torsions de trois fibres rectangulaires est toujours nulle; c'est en particulier le cas des torsions principales.

Les six composantes de la torsion s'expriment facilement à l'aide des dérivées premières des composantes de la dilatation [1].

3. Appliquons cette théorie à la déformation définie par les formules suivantes :

$$u=-\tau_0 yz,\qquad v=\tau_0 zx,\qquad w=\tau_0\Phi(xy),$$

τ_0 étant un infiniment petit et Φ une fonction harmonique. C'est la déformation qui définit la torsion des prismes dans le problème de Saint-Venant. L'axe Oz est parallèle aux fibres longitudinales du prisme.

Nous avons

$$2p_1=\tau_0\left(\frac{\partial\Phi}{\partial y}-x\right),$$
$$2p_2=-\tau_0\left(\frac{\partial\Phi}{\partial x}-y\right),$$
$$2p_3=2\tau_0 z.$$

La torsion est définie par la formule

$$(2)\qquad 2\tau=\tau_0\left[2\gamma^2-\alpha^2-\beta^2+\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}(\alpha^2-\beta^2)+\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}-\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right)\alpha\beta\right].$$

---

[1] Le calcul de ces composantes se trouve indirectement dans la démonstration des équations de Barré de Saint-Venant par la méthode de Beltrami.

L'étude des torsions principales est toujours parallèle à Oz; sa valeur est constante et égale à τ_0. Les lignes des torsions principales transversales sont définies par l'équation suivante :

$$\frac{2\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\alpha+\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}-\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right)\beta}{\alpha}=\frac{-\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\beta+\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}-\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right)\alpha}{\beta},$$

qui, en tenant compte de ce que Φ est harmonique, se ramène à

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\alpha^2+2\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\alpha\beta+\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\beta^2=0.$$

Ce sont les lignes asymptotiques de la section droite déformée.

La torsion mécanique des fibres transversales est liée à la torsion géométrique par une relation remarquable. Dans la section déformée, il existe une ligne géodésique tangente à toute fibre transversale MM'. Désignons par τ_g la torsion géométrique de cette ligne géodésique. On a

$$\tau_g=-\tau_0\left[\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}(\alpha^2-\beta^2)-\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\right)\alpha\beta\right]. \tag{3}$$

En tenant compte de la relation (3), et faisant dans la formule (2)

$$\gamma=0,\qquad \alpha^2+\beta^2=1,$$

on trouve

$$2\tau=-(\tau_0+\tau_g).$$

Par conséquent, la torsion mécanique d'une fibre transversale quelconque est égale, au signe près, à la moyenne arithmétique entre la torsion mécanique des fibres longitudinales et la torsion géodésique de la fibre transversale considérée dans la section droite déformée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux suites de solutions de l'équation des télégraphistes.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note antérieure, j'ai montré que la solution de l'équation des télégraphistes

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}+\frac{2}{\tau}\frac{\partial}{\partial t}-c^2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\right)=0, \tag{T}$$

correspondant à l'état neutre avant $t=0$ d'une ligne indéfinie dans les deux

ens et à une rupture permanente $(+1, -1)$ établie en $x = (+0, -0)$ à partir de $t = 0$, est l'intégrale

$$(1) \qquad \frac{1}{2i\pi}\int e^{int-iqx}\frac{dn}{n} \qquad (i=\sqrt{-1}),$$

$e^{int-iqx}$ est une solution isochrone de (T) avec pour

$$x > 0, \qquad \mathcal{R}\left(\frac{n}{q}\right) > 0.$$

L'intégrale est une fonction impaire de x, s'en tenant aux x positifs, le contour d'intégration est pour $t < \frac{x}{v}$ une courbe fermée du plan des n n'entourant pas la coupure $(0, 2i\tau^{-1})$, et pour $t > \frac{x}{v}$ une courbe fermée décrite dans le sens direct, entourant la coupure.

La solution de (T) correspondant à une rupture

$$\left[+\left(\frac{t}{\tau}\right)^{\nu}\frac{1}{\nu!}, -\left(\frac{t}{\tau}\right)^{\nu}\frac{1}{\nu!}\right],$$

établie en $x = (+0, -0)$ à partir de $t = 0$, solution qui a (1) pour dérivée $\nu^{\text{ième}}$ par rapport à $\frac{t}{\tau}$, est l'intégrale

$$(2) \qquad \frac{1}{2i\pi}\int e^{int-iqx}\frac{dn}{n(in\tau)^{\nu}},$$

prise suivant les mêmes contours que (1).

L'intégrale (2) fonction impaire de x est, pour $x > 0$, nulle pour $t < \frac{x}{v}$ et, pour $t > \frac{x}{v}$, d'après la transformation employée par M. H. Poincaré dans une question analogue, égale à

$$(3) \qquad e^{-\frac{t}{\tau}}\frac{1}{2i\pi}\int e^{i\frac{u}{2}\left(\xi+\frac{1}{\xi}\right)}\left[\frac{\left(-2\frac{\zeta}{\xi}\right)^{\nu}\left(1-\frac{\zeta}{\xi}\right)}{\left(1+\frac{\zeta}{\xi}\right)^{2\nu+1}}\right]\frac{d\xi}{\xi},$$

$$u = \sqrt{\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2 - \left(\frac{t}{\tau}\right)^2}, \qquad \zeta = \sqrt{\frac{t-\frac{x}{v}}{t+\frac{x}{v}}},$$

le contour d'intégration étant un cercle de rayon très grand du plan des ξ.

Dans le crochet, sous le signe intégral, remplaçons $-\frac{\zeta}{\xi}$ par λ et développons suivant les puissances croissantes de λ

$$(4)\qquad f(\lambda) = (2\lambda)^{\nu}\frac{1+\lambda}{(1-\lambda)^{2\nu+1}} = \sum_{n=\nu}^{\infty} a_n \lambda_n,$$

comme

$$\frac{1}{2i\pi}\int e^{i\frac{u}{2}\left(\xi+\frac{1}{\xi}\right)}(-1)^n\frac{d\xi}{\xi^{n+1}} = i^{-n}J_n\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2-\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right];$$

il vient pour (3) l'expression convergente

$$(5)\qquad e^{-\frac{t}{\tau}}\sum_{n=\nu}^{\infty} a_n \zeta^n i^{-n} J_n\left[i\sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2-\left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}\right],$$

qui, pour $x = +0$ $(\zeta = 1)$, se réduit à $\left(\frac{t}{\tau}\right)^{\nu}\frac{1}{\nu!}$; de là une règle très simple pour obtenir les coefficients du développement de $\frac{t^{\nu}}{\nu!}e^{t}$ en une série de fonctions $i^{-n}J_n(it)$, règle qui se vérifie directement en identifiant la fonction à développer

$$\sum \alpha_n \frac{t^n}{2^n n!},$$

avec

$$\sum a_n i^{-n} J_n(it),$$

d'où a_n fonction linéaire et homogène de α_n, α_{n-2}, ..., les coefficients étant ceux du développement de $2\cos nz$ en fonction de $(2\cos z)^n$, $(2\cos z)^{n-2}$, ...

La rupture considérée peut être interprétée physiquement, soit comme une discontinuité de potentiel, soit comme une discontinuité de quantité d'électricité.

Dans le premier cas, la fonction correspondant à $f(\lambda)$ pour le courant sera

$$(4')\qquad f_1(\lambda) = \frac{(2\lambda)^{\nu}}{(1-\lambda)^{2\nu+1}};$$

dans le second cas, pour le potentiel

$$(4'')\qquad f_2(\lambda) = (2\lambda)^{\nu-1}\frac{(1+\lambda)^2}{(1-\lambda)^{2\nu}}.$$

La construction est ainsi achevée du Tableau de distributions élémen-

taires simples d'électricité possibles sur une ligne télégraphique indéfinie, Tableau à deux suites infinies de fonctions, avec rupture, soit de potentiel, soit de quantité d'électricité à partir de l'origine du temps en un point de la ligne.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium.* Note [1] de MM. **W. Duane** et **A. Laborde**, présentée par M. G. Lippmann.

L'un de nous a étudié en 1905 [2] les lois qui régissent l'ionisation produite dans l'air par les rayons de l'émanation du radium qu'il renferme, à la pression atmosphérique et vers 15° C. Il a établi que dans différents condensateurs cylindriques, dont la longueur était environ le double du diamètre, la valeur I_0 du courant initial de saturation dû à la présence, dans le condensateur, d'une quantité donnée d'émanation, dépendait de la surface intérieure S et du volume V de ce condensateur suivant la loi simple

$$\text{(A)} \qquad I_0 = C - K\frac{S}{V},$$

C et K étant deux constantes déterminées par l'expérience. Ces constantes sont utiles à connaître, car elles permettent de mesurer quantitativement l'émanation du radium par la seule détermination du courant initial de saturation qu'elle produit dans un condensateur de dimensions connues. Elles ont été déterminées par l'un de nous en 1905. A cette époque, la technique du titrage des solutions de radium était insuffisamment connue. Nous nous proposons d'indiquer ici la valeur qu'il convient d'attribuer à ces constantes, d'après des expériences effectuées avec des solutions conservées actuellement comme étalons au laboratoire de Mme P. Curie.

Il est évident, d'après la signification même de ces deux constantes, qu'elles ont été, l'une et l'autre, affectées d'erreur dans une même proportion. Leur rapport doit donc être considéré comme bien déterminé par les expériences de M. W. Duane. Si nous écrivons alors la formule A sous la

---

(1) Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

(2) W. Duane, *Comptes rendus*, 27 février 1905, p. 581; *J. de Physique*, t. IV, 4e série, 1905, p. 605.

forme

$$I_0 = C\left(1 - \frac{K}{C}\frac{S}{V}\right),$$

soit, d'après les données obtenues en 1905,

$$(1) \qquad I_0 = C\left(1 - 0{,}517\frac{S}{V}\right),$$

il nous suffira de connaître la vraie valeur de C pour que la correction cherchée soit effectuée.

Le Tableau ci-après résume nos expériences :

Désignation du condensateur.	Longueur du cylindre en centim.	Diamètre du cylindre en centim.	Longueur de l'électr. en centim.	Diamètre de l'électr. en centim.	Volume en cm³. V.	Surface intérieure en cm². S.	$\frac{S}{V}$.	Courant initial I_0 produit par l'unité d'émanation exprimé en U.E.S. mesuré.	Courant initial I_0 produit par l'unité d'émanation exprimé en U.E.S. calculé d'après la form.(2).	Courant maximum I_{max} produit par l'unité d'émanation exprimé en U.E.S. mesuré.	Courant maximum I_{max} produit par l'unité d'émanation exprimé en U.E.S. calculé d'après la form.(3).	$\frac{I_0}{I_{max}}$ pour 100.
Grand..	37,5	18,5	35,5	0,90	10057	2818	0,279	4,45	4,44	11,04	11,05	40,2
Moyen..	26,75	11,92	24,75	0,27	2984	1244	0,417	4,09	4,07	10,01	10,01	40,8
Petit....	12,5	6,70	11,5	0,28	440	344	0,782	3,11	3,10	7,25	7,27	42,8

Tous les courants sont exprimés en unités électrostatiques et sont rapportés à l'ionisation qui provoque l'unité d'émanation, c'est-à-dire l'émanation que produit 1g de radium en 1 seconde.

Le procédé le plus précis pour déterminer le courant initial I_0 est le procédé indiqué en 1905 par l'un de nous : il a été utilisé dans ces diverses mesures.

Les courants initiaux calculés I_0 du Tableau (10e colonne) ont été obtenus en donnant à la constante C de la formule (1) la valeur $C = 5{,}19$. Il semble donc que les courants initiaux expérimentaux I_0 du Tableau (9e colonne) sont très bien représentés par la formule

$$(2) \qquad I_0 = 5{,}19\left(1 - 0{,}517\frac{S}{V}\right).$$

Les expériences de 1905 ont montré que cette formule serait applicable à des récipients plus grands que ceux qui sont mentionnés au Tableau ci-dessus. D'autre part, il est évident que cette formule ne peut pas s'appliquer à de très petits récipients, car pour de grandes valeurs de $\frac{S}{V}$ elle devient négative.

Au cours des expériences actuelles, nous avons d'ailleurs vérifié que cette formule est applicable à des récipients dont les dimensions sont :

Diamètre $= 18^{cm},7$; hauteur $= 11^{cm},2$; diamètre de l'électrode $= 0^{cm},9$; longueur de l'électrode $= 10^{cm},2$; volume $= 3068^{cm^3}$; surface $= 1236^{cm^2}$; $\frac{S}{V} = 0,402$. La hauteur d'un tel cylindre n'est que les $\frac{6}{10}$ de son diamètre.

Pour calculer en gramme-seconde d'émanation de Ra la quantité d'émanation de radium qui a produit un courant initial mesuré de I unités électrostatiques, il faut employer la formule

$$x = \frac{I}{5,19\left(1 - 0,517\frac{S}{V}\right)}.$$

Nos expériences nous ont montré que le courant maximum I_{max} (qui se produit 3 heures environ après l'introduction de l'émanation dans le condensateur) peut s'exprimer par une loi analogue à celle qui se rapporte au courant initial.

Dans le cas du courant maximum, les constantes relatives à l'expression de la loi conduisent à la formule

$$(3) \qquad I_{max} = 13,15\left(1 - 0,572\frac{S}{V}\right).$$

Nous estimons que, dans la pratique, lorsqu'il aura été difficile de déterminer la valeur du courant initial, une quantité x d'émanation pourra être assez bien connue en gramme-seconde d'émanation de Ra, après avoir déterminé le courant I_{max} en U. E. S. par l'application de la formule (3), soit

$$x = \frac{I_{max}}{13,15\left(1 - 0,572\frac{S}{V}\right)}.$$

Mme P. Curie a pu obtenir des données très précises au cours d'un travail effectué parallèlement à la dernière détermination du poids atomique du radium [1]. Elle a trouvé que l'unité d'émanation (1 g-sec d'émanation de Ra) produit, dans un condensateur pareil au condensateur le plus petit que nous ayons employé, un courant maximum de 7,27 U. E. S. Cette grandeur, déduite de nos expériences, prend la valeur 7,25 (voir Tableau): ceci montre que notre solution étalon est bien dosée par rapport au radium employé par Mme Curie lors de sa détermination du poids atomique du radium : 226,5.

---

[1] Mme P. Curie, *Le Radium*, mars 1910.

PHYSIQUE. — *La photographie stéréoscopique en couleur et ses applications scientifiques.* Note de MM. **L. Boutan** et **J. Feytaud**, présentée par M. Yves Delage.

Nous avons voulu nous rendre compte si la photographie stéréoscopique à l'aide de plaques autochromes, omnicolores ou dioptichromes, se prêtait au travail scientifique et pouvait entrer dans la pratique courante du laboratoire. Nous avons utilisé l'appareil de M. Quidor [1], construit spécialement pour obtenir des images stéréoscopiques à des grossissements variés.

Pour un travail scientifique, il y a avantage à pouvoir rétablir les conditions dans lesquelles on a opéré. Seule une source artificielle constante peut répondre à ce desideratum, car l'éclairage et par conséquent la coloration donnés par la lumière du jour sont extrêmement variables. En outre, l'emploi d'une source artificielle de lumière permet de mesurer, une fois pour toutes, la durée du temps de pose nécessaire pour obtenir une coloration exacte.

Une double difficulté se présentait : 1° la coloration d'un objet vu à la lumière artificielle est différente de celle du même objet vu à la lumière solaire; 2° les plaques actuellement employées ne reproduisent pas les couleurs exactes, si l'on ne fait pas intervenir un écran compensateur. Nous avons dû chercher à établir un écran permettant de corriger ces défauts, ceux que nous trouvons dans le commerce ne nous satisfaisant pas.

L'écran qui nous a donné les meilleurs résultats a été établi sur le principe suivant : une cuve en cristal, en forme de parallélépipède rectangle, remplie d'un liquide dont on fait varier à volonté la coloration, selon la nature de la source lumineuse et l'épaisseur de la couche liquide. Par exemple, l'écran qui nous a servi pour quelques-uns des clichés qui accompagnent cette Note, était constitué par une cuve mesurant 15^{mm} d'épaisseur intérieure, et contenant une solution de vert lumière Grübler à diverses dilutions, de $\frac{1}{100000}$ à $\frac{1}{200000}$.

Pour que l'application fût générale, il fallait étudier si l'on pouvait pratiquement prendre des clichés d'animaux plongés dans l'eau ou l'alcool, à travers la surface libre du liquide. Il fallait avant tout éviter le miroitement de cette surface.

---

[1] A. Quidor et Nachet, *Sur un nouveau microscope et ses applications à la microphotographie stéréoscopique* (*Comptes rendus*, séance du 29 avril 1907).

Un dispositif simple nous a permis de tourner cette difficulté; l'objet à photographier est placé dans une petite cuve rectangulaire revêtue d'une cache noire ne laissant arriver la lumière que par un côté seulement, au-dessous de la surface du liquide. L'objectif photographique est lui-même isolé de manière à ne recevoir que la lumière provenant de l'intérieur de la cuve (¹).

Pour un grossissement donné et un éloignement donné de la source, le temps de pose est toujours le même; un calcul très simple permet de le modifier pour d'autres grossissements. C'est ainsi, par exemple, qu'avec une source lumineuse (bec intensif Kohinoor) débitant la lumière à travers une lentille biconvexe de 14^{cm} de diamètre et 14^{mm} d'épaisseur, placée à une distance de $0^{m},30$ du foyer lumineux et à une distance de $0^{m},08$ de l'objet, nous avons obtenu des photographies stéréoscopiques d'une branche de corail, d'une petite méduse (*Oceania conica*) et d'une porpite (*Porpita mediterranea*) vues à un grossissement de 3 diamètres, avec un temps de pose de 3 heures, alors que pour photographier les mêmes objets grandeur nature il avait fallu seulement un temps de pose de 20 minutes.

Il est à remarquer que les dispositifs que nous avons employés permettent de prendre des photographies à une heure quelconque, puisque nous faisons dans la chambre noire et à la lumière artificielle les diverses manipulations qu'on fait ordinairement dans la chambre noire et à la lumière solaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Électrisation de l'air par la flamme d'oxyde de carbone et par les rayons du radium; comparaison des mobilités des ions présents.* Note de M. **Maurice de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai eu déjà l'occasion de signaler (²) que la combustion de l'oxyde de carbone, quand les gaz réagissant sont soigneusement desséchés et filtrés, donne des ions très différents de ceux dont on constate la présence dans les gaz issus des flammes hydrogénées; en particulier leur mobilité est d'un tout autre ordre de grandeur et se rapproche de celle des petits ions.

Il m'a paru intéressant de comparer directement et par des mesures plus précises la mobilité de ces centres électrisés, produits par la flamme de

(¹) Ce dispositif peut convenir pour toute photographie stéréoscopique ou non, prise avec un appareil à chambre verticale.

(²) *Comptes rendus*, 1er sem. 1907, p. 563. Il convient naturellement d'éliminer tout produit condensable, buée des parois, etc.

l'oxyde de carbone, et celle des ions dont la formation est provoquée par le rayonnement des corps radioactifs.

La seule méthode de mesure applicable, celle des courants gazeux, a été employée et a fourni dans les deux cas des courbes dont on déduit aisément la quantité cherchée; les conditions étaient rendues aussi semblables que possible et, notamment, on a vérifié que la température des gaz de flamme ne dépassait pas 25° C. à l'endroit où se faisait la mesure.

Le rapport des mobilités des ions du radium et des ions de flamme de l'oxyde de carbone a été trouvé égal à 1,21 pour les ions positifs et à 1,70 pour les ions négatifs.

Ces résultats, eu égard au degré de précision dont est susceptible ce genre de mesure et au fait que, dans le second cas, les ions se meuvent dans un milieu contenant une faible proportion de gaz carbonique [1], conduisent à la conclusion suivante :

Les ions libérés par action chimique et haute température dans la combustion de l'oxyde de carbone et ceux que produisent les rayons du radium ont des mobilités très voisines et sont probablement identiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxychlorures de zinc.* Note de M. **Driot**, présentée par M. H. Le Chatelier.

M. Schindler (*An. Mag. de Pharm.*, t. XXXVI, 1831, p. 45), Kane (*An. Ch. Ph.*, 2e série, t. II, 1839, p. 72-296), André (*An. Ch. Ph.*, 3e série, t. VI, 1884, p. 94) et Mailhe (*B. Soc. ch.*, 3e série, t. XXV, 1901, p. 786) ont préparé de nombreux oxychlorures en traitant par l'eau les chlorures de zinc ammoniacaux et en précipitant des solutions de chlorure de zinc par des bases ou par l'eau. Les principales formules trouvées sont les suivantes:

$$2ZnCl^2 + 3ZnO + 11H^2O, \qquad ZnCl^2 + 4ZnO + 6H^2O.$$
$$2ZnCl^2 + 5ZnO + 26H^2O, \qquad ZnCl^2 + 6ZnO + 10H^2O.$$
$$ZnCl^2 + 3ZnO + 2H^2O, \qquad ZnCl^2 + 9ZnO + 14H^2O.$$

Il m'a paru intéressant d'étudier les oxychlorures obtenus par action directe de l'oxyde sur les solutions de chlorure de zinc, en étudiant préalablement les conditions de formation de ces oxychlorures. Toutes les autres

---

(1) A. Blanc, *Radium*, 1908, p. 211.

méthodes donnent des produits blancs amorphes dont on ne peut vérifier l'homogénéité.

J'ai d'abord étudié la solubilité des oxychlorures dans des solutions de chlorure de concentrations diverses à la température ordinaire.

J'ai obtenu les résultats suivants :

$ZnCl^2$ pour $100^g H^2O$.	ZnO pour $100^g H^2O$.
8,22	0,0137
23,24	0,138
45,95	0,497
51,5	0,604
56,9	0,723
62,85	0,884
96,00	1,792
124,7	3,213
144,8	2,64
203	1,59

La courbe ainsi obtenue présente un maximum très net pour 125^g de chlorure pour 100^g d'eau. Sur la première branche, la phase solide en équilibre avec la solution est un oxychlorure de formule : $ZnCl^2, 4ZnO, 6H^2O$. L'analyse a donné :

	Trouvé.		Calculé.
$ZnCl^2$	23,7	23,8	23,9
ZnO	57,3	57,3	57,1

C'est un corps blanc amorphe qui perd 5^{mol} d'eau à 200°, mais la dernière ne part qu'à température élevée, accompagnée d'acide chlorhydrique et même de chlorure de zinc.

La seconde branche correspond à un autre oxychlorure de formule $ZnCl, ZnO, 1,5H^2O$, dont voici l'analyse :

	Trouvé		Calculé.
$ZnCl^2$	54,9	54,7	55,7
ZnO	32,5	32,6	33,2

C'est un corps cristallisé en cristaux microscopiques. Il perd 1^{mol} d'eau à 230°; le reste à température plus élevée, avec dégagement d'acide chlorhydrique.

Pour avoir ces oxychlorures à l'état de pureté, il faut laisser plusieurs mois, en contact avec une solution de chlorure de zinc, de l'oxyde très fin obtenu par précipitation et retirer de temps en temps la masse solide pour la pulvériser, de façon à détruire les enveloppes protectrices qui se forment autour des grains d'oxyde; ou bien il faut dissoudre l'oxyde dans la solution chaude et le laisser précipiter par refroidissement.

Ne pouvant être lavés, les oxychlorures à analyser étaient essorés rapidement à la trompe, puis comprimés d'abord entre des plaques poreuses, et ensuite, à la presse et pendant plusieurs jours, entre plusieurs doubles de papier filtre. Du carbonate de baryte traité par l'eau et essoré de cette façon n'a retenu que 1,5 pour 100 de son poids d'eau.

En outre, j'ai étudié, à différentes températures, l'équilibre du système oxychlorure solide à 4 ZnO, oxyde de zinc solide et solution de chlorure. J'ai trouvé, comme composition de la solution :

Température	18°.	45°.	71°.	90°.	100°.
$ZnCl^2$ pour 100	0,50	0,81	1,287	1,85	2,87

Il y avait de l'oxyde dissous en très faible quantité que je n'ai pu doser. J'ai étudié de même le système oxychlorure solide à 1 ZnO, chlorure de zinc hydraté solide et solution, ce qui m'a donné :

Température	18°.	40°.	62°.	71°.
$ZnCl^2$ pour 100g d'eau	203	270	440	599
ZnO pour 100g d'eau	1,59	2,04	4	7,06

Toutes ces courbes sont régulières et sans aucun point d'inflexion, ce qui prouve que la constitution de ces oxychlorures ne varie pas avec la température. Je n'ai donc trouvé que deux oxychlorures dont l'un n'avait pas encore été signalé ; je n'ai pu obtenir aucune indication confirmant l'existence de huit des oxychlorures signalés antérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de pinène.* Note de M. **Gustave Vavon**, présentée par M. A. Haller.

On sait que le chlorhydrate de pinène obtenu à partir de l'essence de térébenthine française est gauche et fortement actif. Au contraire, celui des essences allemande ou américaine est peu actif; de plus, il peut être gauche, le carbure générateur étant droit.

L'hydrure de pinène présente ces mêmes anomalies, anomalies faciles à

expliquer ainsi que je l'ai montré (*Comptes rendus*, 2 mai 1910). J'ai repris sur le chlorhydrate une étude parallèle à celle que j'avais faite sur l'hydrure.

Les expériences ont porté sur les différentes fractions obtenues entre 155° et 165° dans la distillation d'essences française, allemande, américaine (voir *loc. cit.*). Chacune de ces fractions traitée par un courant de gaz chlorhydrique sec, vers 30°, donne *avec un même rendement* (55 pour 100 environ) un chlorhydrate solide qui, débarrassé du liquide par essorage, fond entre 115° et 120°. Si on lui fait subir une série de cristallisations dans l'alcool, le point de fusion s'élève et le pouvoir rotatoire augmente. Ainsi avec le chlorhydrate de la fraction $[\alpha]_D = -44°,3$, j'ai obtenu successivement :

	Point de fusion.	$[\alpha]_D$ pour $\lambda = 578$.
Chlorhydrate brut	115°-119°	—30°
Cristallisé 1 fois	123-125	—31,4
» 2 »	126-127	—32,9
» 3 »	129-130	—33,6
» 4 »	131-132	—34,7
» 5 »	133	—34,5
» 6 »	133,5	—34,5

Il était donc important, pour comparer les pouvoirs rotatoires, d'avoir les chlorhydrates aussi purs que possible; toutes les mesures ont porté sur des échantillons ayant subi cinq ou six cristallisations et fondant vers 132°-133°. Elles ont été faites dans l'éther, la concentration dans ce solvant n'ayant aucune influence sur la valeur du pouvoir rotatoire.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus (pouvoirs rotatoires pour $\lambda = 578$).

Essence française.

Essences $[\alpha]_D$	—44°,3	—37°,5	—30°,1	—22°,7
Chlorhydrates $[\alpha]_D$	—34,5	—35,2	—36,7	—37,5
Hydrures $[\alpha]_D$	—21,8	—22,2	—22,6	—23,6

Essence allemande.

Essences $[\alpha]_D$	+27°,3	+19°,9	+12°,8	+2°,9	— 4°,3	— 9°,6	—16°,1
Chlorhydrates $[\alpha]_D$	+20	+11,7	+ 3,2	—8	—16,3	—22,2	—31,2
Hydrures $[\alpha]_D$	+12,5	+ 7,2	+ 1,8	—5,3	—10,6	—14,7	—19,1

Essence américaine.

Essences $[\alpha]_D$	+8°	+4°,2	—0°,7	— 5°,7	—10°,2	—15°,6	—19°,1
Chlorhydrates $[\alpha]_D$	+5	+0,7	—6,8	—12,7	—20,8	—26,8	—32,7
Hydrures $[\alpha]_D$	+3,4	0	—4,4	— 8,5	—12,7	—17,4	—20,7

Si l'on porte les pouvoirs rotatoires des essences et ceux des chlorhydrates sur deux parallèles, et si l'on joint deux à deux les points correspondants, on obtient des droites concourantes. Il en résulte (*loc. cit.*) que *les pinènes* α et β *donnent le même rendement en chlorhydrate solide*, et par suite contribuent pour une même part à la formation du chlorhydrate liquide.

On peut d'ailleurs vérifier ces conclusions par une autre voie. Si elles sont exactes, *on peut calculer d'avance le pouvoir rotatoire du chlorhydrate* fourni par un mélange, en proportions connues, de pinènes α et β et de leurs inverses optiques. Or l'étude des hydrures donne, comme je l'ai montré, la composition de chaque fraction employée, et par suite le pouvoir rotatoire du chlorhydrate correspondant. L'hydrure et le chlorhydrate de l'essence d'Alep (α pinène) ayant comme pouvoirs rotatoires $+22^\circ,8$ et $+37^\circ,8$, on obtient les valeurs cherchées en multipliant par $\frac{37,8}{22,8}$ les pouvoirs rotatoires des hydrures. On a ainsi les résultats suivants :

Essence française.

Trouvés..... ...	$-34^\circ,5$	$-35^\circ,2$	$-36^\circ,7$	$-37^\circ,5$
Calculés.....	$-34^\circ,5$	$-35^\circ,2$	$-35^\circ,8$	$-37^\circ,3$

Essence allemande.

Trouvés.....	20°	$+11^\circ,7$	$+3^\circ,2$	-8°	$-16^\circ,3$	$-22^\circ,2$	$-31^\circ,2$
Calculés.....	$20^\circ,5$	$+11^\circ,4$	$+2^\circ,9$	$-8^\circ,4$	$-16^\circ,7$	$-23^\circ,3$	$-30^\circ,3$

Essence américaine.

Trouvés.....	$+5^\circ$	$+0^\circ,7$	$-6^\circ,8$	$-12^\circ,7$	$-26^\circ,8$	$-32^\circ,7$
Calculés.....	$+5^\circ,3$	0	$-6^\circ,9$	$-13^\circ,5$	$-27^\circ,6$	$-32^\circ,9$

La concordance entre les nombres calculés et trouvés est suffisante pour légitimer les conclusions données plus haut.

Enfin l'étude du bromhydrate, faite il est vrai sur un nombre plus restreint de fractions (7), m'a conduit aux mêmes résultats. Le pouvoir rotatoire du bromhydrate d'Alep est $[\alpha]_j = +34^\circ$; celui d'un bromhydrate quelconque est donc les $\frac{34}{37,8}$ du chlorhydrate et les $\frac{34}{22,8}$ de l'hydrure correspondants.

En résumé ce qui précède vérifie complètement l'hypothèse émise par Semmler et reprise par Ahlström et par Aschan [1], d'après laquelle les pinènes α et β donneraient le même chlorhydrate solide. De plus les rendements fournis par les deux carbures sont les mêmes.

---

[1] *Berichte*, t. XXXIX, 1905, p. 1441.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde α-bromocrotonique.* Note [1] de M. P.-L. Viguier, présentée par M. A. Haller.

J'ai indiqué précédemment [2] une préparation de l'acétal bromocrotonique, puis de l'aldéhyde libre; ce procédé étant assez long, j'ai cherché à obtenir l'aldéhyde par une voie plus directe. J'y suis parvenu en utilisant une méthode analogue à celle par laquelle Piloty et Stock [3] ont obtenu l'acroléine monobromée :

A 35g d'aldéhyde crotonique refroidi dans un mélange de glace et de sel on ajoute goutte à goutte 80g de brome, puis on introduit rapidement l'aldéhyde bibromobutyrique obtenu dans un ballon contenant 85g d'acétate de soude dissous dans 85g d'eau, et plongé dans un bain à 150°-170°. Aussitôt l'addition terminée on entraîne par un courant rapide de vapeur d'eau le produit de la réaction : on recueille ainsi une huile dense, peu colorée, qu'on sèche au sulfate de soude et qu'on fractionne ensuite sous pression réduite. Au-dessous de 50° passe un liquide riche en acide acétique, puis de 55° à 65°, sous 13mm, on recueille l'aldéhyde bromocrotonique à peu près pur (35g à 40g).

Le rendement (25 pour 100 environ) est donc très médiocre; de plus, le produit obtenu est moins pur que celui qu'on obtient par hydrolyse de l'acétal : il s'altère et noircit plus vite. Mais ce nouveau procédé a l'avantage d'être extrêmement expéditif, et, d'ailleurs, dans les diverses réactions qui ont été étudiées, je n'ai constaté aucune différence sensible pouvant être attribuée à la provenance de l'aldéhyde.

On peut prévoir, théoriquement, l'existence de quatre aldéhydes bromocrotoniques ou bromoisocrotoniques isomères; l'étude de l'oxydation du composé étudié a permis de préciser sa constitution. J'ai ensuite étudié l'action de l'aldéhyde sur divers réactifs : la présente Note donne les résultats obtenus avec l'acide malonique et l'acide cyanhydrique.

I. *Oxydation de l'aldéhyde bromocrotonique.* — Le meilleur résultat a été obtenu par l'emploi de l'oxyde d'argent : en suivant exactement les indications données par MM. Delépine et Bonnet [4] on obtient facilement et avec un bon rendement un acide qui cristallise par refroidissement de sa solution aqueuse en aiguilles incolores fondant à 106°-107°.

---

(1) Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

(2) P.-L. Viguier, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 404.

(3) Piloty et Stock, *Ber. d. deutsch. chem. Gesell.*, t. XXXI, 1898, p. 1385.

(4) M. Delépine et P. Bonnet, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 39.

Pour m'assurer que cet acide est bien identique à l'acide α-bromocrotonique, dont il a le point de fusion, je l'ai traité en solution chloroformique par la quantité théorique de brome : le mélange se décolore peu à peu et l'on obtient bien quantitativement un acide tribromobutyrique fondant à 116°.

Il résulte de là que, dans l'aldéhyde bromocrotonique étudié, le brome est placé en α par rapport à la fonction aldéhydique : résultat qu'on pouvait prévoir par analogie avec la constitution admise de l'acroléine monobromée, obtenue par une voie analogue.

II. *Condensation de l'aldéhyde α-bromocrotonique avec l'acide malonique.*

Cette condensation a été réalisée en chauffant 6 heures au bain-marie à 70°-80° un mélange de 25g d'aldéhyde bromocrotonique, 17g d'acide malonique et 25g de pyridine; on laisse ensuite refroidir et l'on traite la masse brune et épaisse obtenue par de l'eau glacée acidulée par de l'acide sulfurique, ce qui précipite un corps pulvérulent qu'on recueille. Pour purifier ce produit, on le redissout dans une solution alcaline, on filtre et l'on reprécipite par un acide; on termine par une série de cristallisations dans l'eau alcoolisée bouillante où le corps cristallise en longues aiguilles finalement incolores.

L'analyse de ce composé correspond bien à la formule

$$CH^3 - CH = CBr - CH = CH - CO^2H.$$

L'acide bromosorbique (bromo$_4$-hexadiène-$_{2-3,\,4\,5}$-oïque) ainsi obtenu fond à 133°; il est soluble dans l'alcool et l'éther, extrêmement peu dans l'eau froide. En le dissolvant dans l'alcool et le précipitant ensuite par l'eau on a pu le titrer par la potasse en présence de phtaléine. Le sel de potassium obtenu, redissous dans l'alcool bouillant, cristallise par refroidissement en lamelles nacrées incolores anhydres.

III. *Condensation de l'aldéhyde α-bromocrotonique avec l'acide cyanhydrique.* — Tandis que la combinaison des deux corps purs ne se produit pas, même si l'on chauffe le mélange pendant plusieurs heures à 100° en tube scellé, j'ai constaté que l'addition d'une petite quantité (1 à 2 pour 100) de cyanure de potassium produit immédiatement la réaction dès la température ordinaire : le mélange s'échauffe fortement et peut même entrer en ébullition; il convient alors de n'introduire l'acide cyanhydrique que peu à peu, et en refroidissant. Le mélange est ensuite abandonné quelques heures à la température ordinaire, il a alors complètement perdu l'odeur irritante de l'aldéhyde.

Dans une première expérience, ayant soumis le produit ainsi obtenu à la distillation sous pression réduite, j'ai constaté que la majeure partie distille

de 140° à 150° sous 15^{mm} à 20^{mm}, mais cette distillation est accompagnée d'une décomposition manifeste, et l'on perd une portion considérable de la substance. Aussi ai-je renoncé à isoler le nitrile vraisemblablement formé; le passage à l'acide a alors été réalisé de la façon suivante :

Le produit brut de la condensation, refroidi dans la glace, est additionné peu à peu de deux fois son volume d'acide chlorhydrique concentré. Quand tout l'acide a été introduit, on abandonne pendant 1 à 2 heures à la température ordinaire, puis on termine en chauffant au bain-marie le même temps. Après refroidissement on sépare à la trompe le chlorhydrate d'ammoniaque formé, et l'on extrait à l'éther un grand nombre de fois le liquide; par évaporation de l'éther on obtient une masse cristalline qu'on purifie par un passage à l'état de sel alcalin, puis par des cristallisations dans l'acétate d'éthyle.

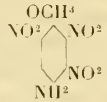
L'acide bromangélactique (bromo$_3$-pentène$_{3-4}$-ol$_2$-oïque)

$$CH^3 - CH = CBr - CHOH - CO^2H$$

ainsi préparé fond à 123°-124°; il est très soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'acétate d'éthyle, très peu soluble à froid dans la benzine et le chloroforme, assez soluble dans la benzine bouillante. Sa solution aqueuse a été titrée par la potasse en présence de phtaléine; le sel de potassium obtenu cristallise anhydre dans l'alcool en prismes incolores. Le sel d'argent est peu soluble à froid; par refroidissement de sa solution chaude il se dépose en longues aiguilles brillantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une trinitro-p-anisidine.* Note de M. **Fr. Reverdin**, présentée par M. A. Haller.

J'ai obtenu une trinitro-*p*-anisidine correspondant à la constitution suivante :



en partant de la benzoyl-*p*-anisidine; lorsqu'on nitre celle-ci au moyen de HNO^3 de D = 1,4 à 70°-80°, il se forme un *dérivé dinitré* de F = 185°, dont la constitution a été déterminée et correspond à

$$\underset{(1)}{C^6H^2}.\underset{(2)}{OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.NH.C^7H^5O.$$

En soumettant ce produit à une nouvelle nitration avec HNO^3 de $D = 1,52$, on obtient un *dérivé trinitré* dans le noyau et *mononitré* dans le résidu benzoyle

$$\underset{(1)}{C^6H.OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(8)}{NO^2}.\underset{(6)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.C^7H^5O(NO^2).$$

Celui-ci cristallise en aiguilles feutrées complètement blanches; il commence à se ramollir vers 242° pour fondre complètement à 247°.

Il se forme en même temps dans cette nitration un produit cristallisant en aiguilles jaune pâle et soyeuse de $F = 259°$, correspondant à la formule

$$C^{15}H^{10}O^8N^4.$$

Cette dernière combinaison n'est pas saponifiée par H^2SO^4.

La préparation de ces deux produits a été faite avec la collaboration de M. A. de Luc.

La *trinitro-p-anisidine* correspondante cristallise dans l'eau en paillettes rouge brun et dans l'alcool en aiguilles rouges à reflet métallique vert; elle fond à 127°-128°.

Je l'ai obtenue par évaporation lente de sa solution acétonique, en beaux cristaux grenat de 2^{mm}-5^{mm}, groupés en faisceaux et qui ont été mesurés par M. Sabot, assistant de M. le professeur L. Duparc (*Archives des Sc. phys. et nat. de Genève*, 4e série, t. XXIX, 1910, p. 476); ils appartiennent au système orthorhombique.

Le *dérivé acétylé* est en aiguilles blanches de $F = 242°$.

Cette trinitro-*p*-anisidine renferme un groupe nitro facilement mobile (c'est probablement par analogie avec d'autres faits connus, le groupe NO^2 placé en ortho relativement à NH^2), aussi fournit-elle avec les amines des dérivés dans lesquels un groupe NO^2 est remplacé par le résidu de l'amine.

Le *dérivé de l'aniline* est en paillettes brunes de $F = 148°$; celui de la *p-toluidine* en petits cristaux bruns de $F = 139°$ et celui de la *monométhylamine* en belles aiguilles rouge violet de $F = 199°$-$200°$. Enfin, en faisant réagir en solution alcoolique et au bain-marie l'acétate de soude sur la trinitro-*p*-anisidine, on obtient une *dinitro-hydroxy-p-anisidine* en aiguilles brunes à reflet métallique vert de $F = 161°$, dont le dérivé acétylé est en aiguilles blanches de $F = 193°$-$194°$.

La théorie ne permet de prévoir que deux trinitro-*p*-anisidines; la constitution de celle dont nous venons de parler est établie par le fait que ce produit diffère par ses propriétés et par celles de son dérivé acétylé d'une trinitro-*p*-anisidine récemment préparée par Meldola et Kuntzen (*Trans.*

of chem. Soc., t. XCVII, 1910, p. 444). Ces savants ont en effet obtenu en méthylant le sel d'argent du trinitro-*p*-acétylaminophénol de la formule

$$\underset{(1)}{C^6H.OH}.\underset{(2)}{NO^2}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.\underset{(5)}{NH.C^2H^3O}$$

un dérivé acétylé de F = 194° qui leur a fourni par saponification sulfurique une trinitro-*p*-anisidine de F = 138°-139°, isomère de celle que je viens de décrire. Je me réserve de poursuivre les recherches sur les dérivés de la nouvelle trinitro-*p*-anisidine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur certains dérivés de la cholestérine.* Note de MM. **L. Tchougaeff** et **W. Fomin**, présentée par A. Haller.

L'un de nous a démontré depuis quelque temps [1], en commun avec M. Gasteff, que la cholestérine se laisse transformer bien facilement en cholestérylxanthogénate de méthyle

$$C^{27}H^{45} - OCS - S.CH^3,$$

qui se décompose à son tour avec formation de la *cholestérylène* à la température de 200° :

$$C^{27}H^{45} - OCS.SCH^3 = C^{27}H^{44} + CSO + CH^3SH.$$

En poursuivant cette étude, nous avons trouvé que pendant la décomposition de la cholestérylxanthogénate de méthyle, deux carbures isomères prennent naissance en même temps.

Nous proposons de les désigner comme α- et β-*cholestérylènes*.

On peut effectuer leur séparation au moyen des recristallisations répétées dans de l'éther additionné d'alcool.

A l'état de pureté l'α-isomère représente des aiguilles fusibles à 77°; le point de fusion de l'autre isomère est situé vers 59°. Tous les deux correspondent à la même formule moléculaire $C^{27}H^{44}$.

Poids moléculaire déterminé d'après la méthode cryoscopique dans du benzène : mod. α, 355; mod. β, 342; théorie, 368.

---

(1) *Berl. Ber.*, t. XLII, p. 4631.

Les deux cholestérylènes dévient le plan de polarisation à gauche et possèdent la dispersion rotatoire normale. Ils montrent toutes les réactions caractéristiques colorées de la cholestérine.

Ils décolorent énergiquement le brome et fixent de l'hydrogène pur en présence du noir de platine à la température ambiante.

Cette dernière réaction, exécutée dans les conditions indiquées récemment par M. Wilstætter et Mayer ([1]), a conduit à ce résultat remarquable que les deux isomères engendrent en fixant 2^{at} d'hydrogène le même cholestane $C^{27}H^{48}$, carbure saturé et dextrogyre, fusible à 79° et ne donnant aucune des réactions colorées de la cholestérine. De plus, ce carbure est évidemment identique au cholestane obtenu par J. Mauthner ([2]) en partant du cholestène $C^{27}H^{46}$ au moyen de la même méthode élégante de Wilstætter et Mayer (point de fusion 79° à 80°; $[\alpha]_D = +24,26$ à $+24,67$).

Dans le Tableau suivant, nous résumons les constantes physiques des carbures dérivés de la cholestérine que nous avons étudiés :

Substance.	Point de fusion.	Dissolvant.	p ([3]).	$[\alpha]_C$.	$[\alpha]_D$.	$[\alpha]_E$.	$[\alpha]_F$.	$\frac{[\alpha]_F}{[\alpha]_C} = k$.
	°							
Cholestérylène α.	77	Toluène	4,503	−84,14	−109,3	−147,0	−185,3	2,213
Cholestérylène β.	59	Toluène	3,785	−58,59	−76,68	−102,9	−129,0	2,202
Cholestane provenant du cholestérylène α....	79	Chloroforme	6,283	+19,25	+24,59	+31,49	+38,39	1,994
Cholestane provenant du cholestérylène β.....	79	Chloroforme	3,280	+19,17	+24,59	+31,52	+38,46	2,006

En résumant les faits obtenus par nous et tenant compte de la formule développée récemment pour la cholestérine par M. Windaus ([4]), on peut

---

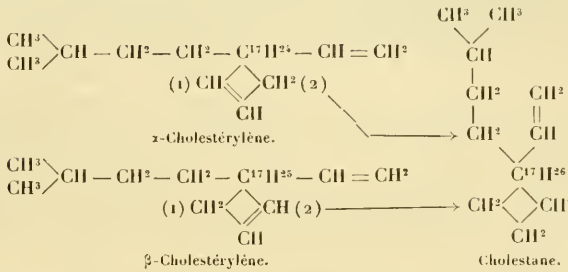
([1]) *Berl. Ber.*, t. XLI, p. 1475.

([2]) *Sitzungsber. kais. Akad. Wien*, t. CXVIII (II), 1909.

([3]) Les valeurs de $[\alpha]_C$, $[\alpha]_D$, ... sont calculées d'après la formule $[\alpha] = \frac{\alpha}{lpd}$ dans laquelle α est la déviation observée, l la longueur du tube polarimétrique, p la concentration et d la densité de la solution à la température de l'expérience, soit à 20°. Les mesures correspondent aux lignes du spectre C, D, E et F.

([4]) *Berl. Ber.*, t. XLII, p. 3770.

représenter comme il suit la constitution de deux cholestérylènes α et β (¹) :



En terminant, nous tenons à remarquer que la cholestérylène lévogyre, décrite il y a quelques années par M. Bloch (²) (point de fusion 75°,5), est probablement en majeure partie constituée par le cholestérylène α.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur la vie latente des spores des Mucorinées et des Ascomycètes.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Maquenne.

Les nombreuses expériences sur la physiologie des graines qui ont été publiées dans ces derniers temps, ont fait voir que la théorie classique de la vie latente doit être complètement modifiée. La vie latente des graines n'est jamais une vie aérobie ralentie, mais la plupart du temps une vie anaérobie extrêmement lente, quelquefois même, dans certaines circonstances, une vie parfaitement suspendue (³).

Il était intéressant de savoir si cette nouvelle conception de la vie latente était applicable aux spores des Champignons, particulièrement à celles des Mucorinées et des Ascomycètes.

Des spores de *Mucor mucedo*, de *Mucor racemosus*, de *Rhizopus niger*, de *Sterigmatocystis nigra* et d'*Aspergillus glaucus* ont été desséchées lentement, dans

(¹) Nous désignons tout arbitrairement par (1) et (2) les 2ᵉˢ de carbone du noyau cholestérylique, voisins du groupement CH (OH).

(²) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XXXI, p. 71.

(³) Paul Becquerel, *Recherches sur la vie latente des graines* (*Annales des Sciences naturelles : Botanique*, p. 194-312, 9ᵉ série, 1907, et *Comptes rendus*, 19 avril 1909).

de petits tubes de verre stérilisés, en présence de baryte caustique anhydre, pendant 2 semaines, à la température de 35° Ces tubes ont ensuite été soudés à la trompe à mercure de Berlemont, et le vide sec le plus parfait a été réalisé. Lorsque les dégagements gazeux ne se produisirent plus, les tubes furent fermés à la flamme, et détachés. La jauge de Mac Leod indiquait un vide inférieur au millième de millimètre.

Le 5 février 1908, ces tubes furent emportés par M. Henri Becquerel chez M. Kamerlingh Onnes, l'éminent physicien, directeur du Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde, auquel je renouvelle encore ici tous mes plus vifs remercîments. En effet, c'est grâce à son précieux concours et à son merveilleux outillage que tous ces tubes contenant les spores ont pu être soumis, dans le courant du mois de février 1909, pendant 3 semaines, à la température de l'air liquide (— 180°) et, sans réchauffement préalable, pendant 77 heures, à la température de l'hydrogène liquide, c'est-à-dire à 253° au-dessous de zéro.

Ces tubes, qui m'ont été renvoyés, ont été ouverts cette année, le 9 mai, avec toutes les précautions nécessaires pour empêcher dans leur intérieur l'introduction des germes de l'atmosphère. Les spores ont été ensemencées dans des liquides nutritifs stérilisés. Au bout de 16 heures de séjour dans une étuve à température constante, toutes les spores des Mucorinées ont germé; elles ont commencé à produire des sporanges. Deux jours après, les spores des *Sterigmatocystis* et des *Aspergillus* avaient aussi donné un feutrage très serré de filaments ramifiés portant de nombreux appareils conidiens.

Ces résultats obtenus sur des organismes unicellulaires viennent généraliser d'une façon remarquable ceux que j'ai publiés antérieurement sur les graines. La conservation de ces spores pendant les 25 mois qu'elles ont séjourné dans le vide ne peut, en effet, être interprétée, selon la doctrine classique, comme conséquence d'une vie aérobie ralentie. On pourrait peut-être admettre une vie anaérobie extrêmement lente, confinant à la vie suspendue. Mais pendant les 24 jours d'action des grands froids de l'air et de l'hydrogène liquides sur ces spores desséchées dans le vide, il ne peut plus être question de vie anaérobie, même très atténuée. Par suite de la superposition des effets combinés de la dessiccation, du haut vide et des basses températures, le protoplasma de ces organismes, sans eau, sans gaz, ayant perdu son état colloïdal, ne peut plus du tout posséder aucune trace de son activité vitale. La vie est alors réellement suspendue et, ainsi que je l'ai déjà signalé, le grand principe de la continuité des phénomènes vitaux mis complètement en échec.

La preuve expérimentale de cette interruption de la vie, sans porter préjudice à son retour, aussi bien dans les spores des champignons que dans les graines, est l'exemple le plus convaincant pour démontrer la réalité du rigoureux déterminisme des phénomènes vitaux. Il prouve le peu de solidité

de la définition de la vie, acceptée et propagée par des savants d'une grande valeur, comme Grasset, Bundge, Reinke, Lodge (1). Selon cette définition, la vie serait une force particulière, une puissance directrice spéciale « issue d'un monde où la Physique et la Chimie n'auraient aucune prise, monde qu'il nous est impossible de connaître avec le secours de nos sens ». Or d'après les résultats de toutes mes expériences sur la vie latente qui confirment la conception de Claude Bernard (2), on ne peut plus affirmer que la vie est un principe, ni une force directrice mystérieuse échappant au déterminisme des phénomènes naturels.

La vie n'est pas autre chose que le fonctionnement physico-chimique extrêmement complexe des organismes protoplasmiques, provoqué par leurs rapports incessants avec les éléments de la matière et les différentes formes de l'énergie.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la saignée sur la résistance des animaux à l'urohypotensine.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **E. Bardier**, présentée par M. Bouchard.

Avec la toxine que nous avons étudiée sous le nom d'*urohypotensine*, nous avons pu reproduire, chez les animaux, tous les symptômes de l'urémie. Sans insister, pour le moment, sur cette urémie expérimentale dont l'importance mérite une étude particulière, nous devons dire que c'est l'observation même de ces symptômes qui nous a amenés naturellement à étudier les effets de la saignée sur la résistance des animaux à l'intoxication par l'urohypotensine. Nos expériences ont porté sur les chiens et les lapins.

La saignée était pratiquée 24 heures avant l'injection, pour permettre à la leucocytose post-hémorragique d'atteindre son maximum. La soustraction de sang était assez copieuse (20^g-30^g pour des lapins d'un poids moyen de 1500^g-2000^g ; 130^g pour des chiens de 4^{kg}-7^{kg}). De plus, les chiens, mis en expériences, étaient des animaux sains et jeunes, sans trace d'albuminurie ou de glycosurie. Ils étaient au préalable soumis à un régime alimentaire abondant, de façon à se trouver dans les meilleures conditions possibles au moment de l'injection de la toxine.

Nos expériences nous ont montré que la saignée préventive augmentait

(1) Lodge, *La vie et la matière*, traduction Maxwell, collection Alcan, 1907.
(2) Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie*, t. I, 1878-1879, p. 69.

beaucoup la résistance des animaux à l'intoxication. Non seulement les troubles immédiats sont atténués, mais, par la suite, la nutrition des chiens saignés est bien meilleure que celle des témoins, comme l'atteste la courbe des poids.

Lapins. — Les animaux saignés au préalable ne présentent que des troubles immédiats atténués. La prostration et la narcose sont moins marquées, le myosis et le vasodilatation auriculaire moins intenses et moins durables, l'abaissement de température moindre que pour les témoins. Dans les jours qui suivent l'injection, les témoins présentent une diminution progressive du poids et ne récupèrent que lentement leur poids primitif. Les animaux saignés, au contraire, ne présentent qu'une baisse de poids très passagère; ils récupèrent et même dépassent vite leur poids primitif.

Les effets immunisants de la saignée sont surtout remarquables pour les lapins qui, par une injection antérieure, sont en état d'anaphylaxie. Dans ce cas, les lapins saignés résistent admirablement, tandis que les autres présentent des signes de dénutrition profonde que témoigne un amaigrissement considérable. Quelques-uns même meurent au bout de quelques jours.

Pour les chiens, les résultats sont de même sens que pour les lapins. Les signes immédiats de l'intoxication, prostration, vomissements, ténesme, diarrhée, hémorragies intestinales sont moins marqués chez les saignés. De plus, comme pour les lapins, alors que les chiens témoins présentent, les jours qui suivent l'injection, un abaissement de poids souvent considérable, les animaux saignés ne perdent pas de poids et même arrivent à dépasser au bout de quelques jours leur poids primitif.

Les uns et les autres, durant 3 ou 4 jours, ont un peu d'albumine et de glucose dans les urines.

Il résulte en somme de nos expériences que la saignée pratiquée 24 heures avant l'injection d'urohypotensine crée une résistance marquée à l'intoxication. Ces faits constituent une justification nouvelle de l'usage de la saignée dans les troubles de l'insuffisance rénale.

PHYSIOLOGIE. — *Transformation en courbes des tracés du phonographe.* Note de M. **Liobet**, présentée par M. d'Arsonval.

M. Marage a publié plusieurs travaux importants sur l'analyse et la synthèse des voyelles; les résultats, tous concordants lorsque les causes d'erreur étaient évitées, lui ont été fournis par différents procédés: les flammes manométriques, la méthode graphique, la photographie directe des vibrations et le phonographe; dans cette dernière méthode, les tracés en creux du phonographe étaient transformés en courbes par un levier

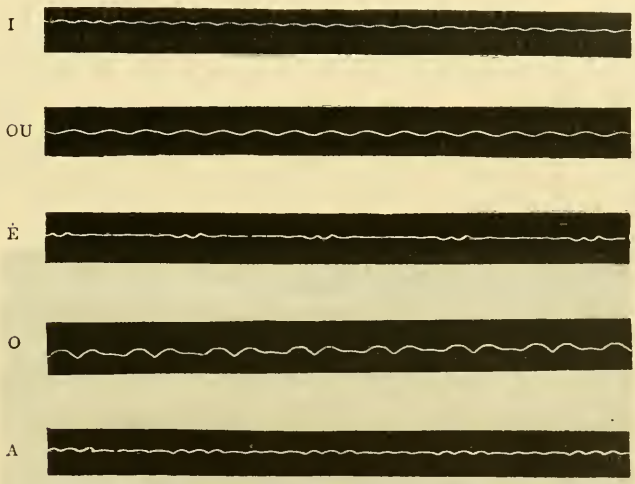
amplificateur. J'ai repris l'étude des voyelles par le phonographe en y introduisant un certain nombre de perfectionnements.

L'appareil de M. Marage, qui était un instrument de laboratoire, est ainsi devenu un appareil très pratique, dont tout le monde peut se servir sans aucun apprentissage.

Les modifications ont porté sur les points suivants :

1° *Impression du cylindre de cire.* — Comme M. Marage l'avait fait remarquer, on peut à volonté compliquer les tracés en y introduisant des vibrations accessoires produites par l'appareil lui-même (embouchure, tube, etc.). J'ai donc suivi les indications

Fig. 1.



Tracés agrandis environ 60 fois en hauteur et en longueur.

données par cet auteur en supprimant les causes d'erreur; de plus, dans les phonographes ordinaires, le saphir coupant, fixé à la plaque vibrante, s'appuie sur le cylindre de cire, grâce au poids du cadre métallique qui le soutient; ce poids est essentiellement variable avec les divers instruments, et de plus ce cadre est sujet à des trépidations; j'ai donc placé, à côté du saphir coupant, un saphir mousse qui glisse sur la cire et sert simplement à maintenir le cadre à une distance que l'on peut régler au moyen d'une vis micrométrique; la lame vibrante est donc indépendante de son cadre et ses déplacements ne dépendent que de la voix.

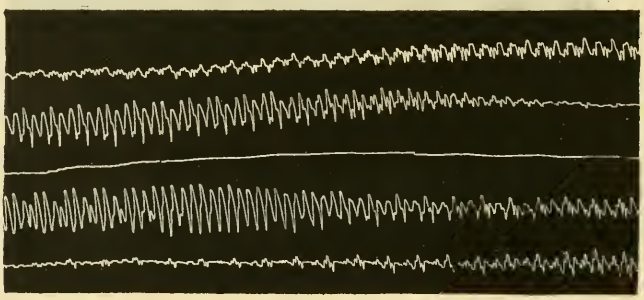
2° *Tracé des courbes.* — Le cylindre de cire est animé d'un double mouvement de rotation et de translation suivant son axe, grâce à une vis sans fin : le cadre de la plaque vibrante est fixe, ce qui n'existe pas dans les autres phonographes.

Quand on veut transformer les phonogrammes en courbes, on remplace le cadre par un levier dont le rapport de longueur de la petite branche à la grande branche peut varier de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{576}$; ce levier est en métal liège dont la densité $= 1,7$; il reste toujours sensiblement vertical; le saphir, qui est fixé à la petite branche du levier, est articulé sur le levier de manière à fouiller tous les replis du sillon creux; la bande de papier recouvert de noir de fumée a 2^m; on a donc des tracés très longs; pendant la transformation en courbe, le cylindre de cire tournant très lentement (50 à 200 fois moins vite qu'au moment de l'impression), l'inertie du levier ne peut pas introduire de causes d'erreur.

Résultats. — 1° On obtient pour les voyelles parlées, OU, O, A, É, I, des tracés tout à fait semblables à ceux qu'avait obtenus M. Marage; pour I et OU, les vibrations sont groupées par une; pour É et O, par deux; pour A, par trois (*fig.* 1).

2° Ces tracés sont exacts puisque le phonographe répète les voyelles inscrites; d'ailleurs M. Marage, en partant de tracés semblables, avait fait la synthèse au moyen de sa sirène à voyelles. On peut fournir une autre

Fig. 1.



Tracés agrandis 576 fois en hauteur, 15 fois en longueur.

preuve de cette exactitude en découpant le tracé agrandi de A par exemple sur le bord d'un disque circulaire en zinc; une lame de mica qui frotte sur ce disque, tournant rapidement, répète la voyelle.

3° En augmentant la longueur du levier et en diminuant la vitesse de rotation du cylindre, on peut obtenir des courbes analogues à celles trouvées

par d'autres expérimentateurs [1]; mais ces courbes (*fig.* 2) me semblent moins exactes, car si le tracé est agrandi N fois en hauteur, il faut qu'en longueur il soit agrandi de la même quantité.

Conclusion. — L'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie permet donc de bien impressionner le cylindre et de transformer facilement en courbes les tracés en creux du phonographe.

PHYSIOLOGIE. — *Études sur le cancer des Souris. L'hérédité de la sensibilité à la greffe cancéreuse.* Note de MM. **L. Cuénot** et **L. Mercier**, présentée par M. A. Dastre.

Lorsqu'on pratique des greffes de tumeurs cancéreuses sur Souris, il est bien difficile de comprendre pourquoi un groupe de Souris donne un certain pourcentage tandis qu'un autre groupe pris dans le même élevage, et que l'on a toutes raisons de croire identique au premier, donne un pourcentage trop différent pour que l'on puisse invoquer le hasard. C'est ainsi, par exemple, qu'en opérant avec la tumeur B, nous avons obtenu un certain jour une prise sur un groupe de 11 Souris et un autre jour 8 prises sur un groupe de 10 Souris.

Cette inconstance dans les résultats de la greffe, qui a frappé tous les expérimentateurs, n'a pas reçu jusqu'ici d'explication satisfaisante ; ce n'est pas une question de technique opératoire, pas plus que des différences de régime alimentaire, d'âge ou de sexe, car il est facile de se placer dans des conditions qui éliminent ces facteurs. Peut-on invoquer une variation de *virulence* de la tumeur se traduisant par un pourcentage plus ou moins élevé de prises? Sans nier absolument l'existence de ce facteur, nous l'annulons en inoculant simultanément des lots différents avec une tumeur unique.

L'explication de ces différences de pourcentage est tout autre. Elle correspond à des différences dans le patrimoine héréditaire des Souris.

Depuis longtemps, nous étudions l'hérédité de la sensibilité à la greffe cancéreuse ; sachant qu'en Angleterre et en Amérique, des laboratoires mieux installés que le nôtre poursuivent des recherches analogues, nous

[1] M. Marage, *Différents tracés d'une même voyelle chantée* (*Comptes rendus*, novembre 1908).

nous décidons à publier nos résultats, bien qu'il reste encore des détails à préciser, pour ne pas être exposés à perdre le fruit de deux ans de travail.

I. *La prise et la non-prise ne sont pas des caractères mendéliens.* — On pouvait concevoir que la prise et la non-prise étaient des caractères mendéliens symétriques, correspondant à la présence dans le patrimoine génotypique de un, deux, ou *n* gènes (déterminants). Nous avons examiné successivement ces diverses hypothèses ; aucune ne rend compte des faits d'une façon complète.

Nous discuterons seulement l'hypothèse la plus simple (un seul gène) pour laquelle nous nous trouvons en parfait accord avec les résultats récents de Tyzzer ([1]).

a. Supposons que le gène de la prise est dominant sur le gène de la non-prise : par conséquent des Souris réfractaires croisées entre elles doivent donner une descendance homozygote indéfiniment réfractaire. Or, sur 231 petits provenant de parents tous deux réfractaires, 60 ont pris la greffe (25,9 pour 100).

b. Supposons au contraire que le gène de la prise est dominé : par conséquent des Souris sensibles croisées entre elles doivent donner une descendance homozygote dont tous les membres sont sensibles. Or, sur 119 petits provenant de parents tous deux sensibles, 61 seulement ont pris la greffe (51,9 pour 100).

Ces résultats, s'ils prouvent avec certitude que les caractères de prise et de non-prise ne sont pas des caractères mendéliens simples, montrent nettement qu'il y a néanmoins quelque chose d'héréditaire puisque, d'une façon globale, les descendants de Souris sensibles donnent un pourcentage bien plus élevé que les descendants de Souris réfractaires.

II. *Un certain pourcentage de prises est un caractère familial.* — Après de longs tâtonnements, nous avons isolé de notre élevage de Souris, en apparence homogène, des familles qui ont la propriété de donner un certain pourcentage de prises et qui transmettent cette propriété dans les croisements *inter se*.

Par exemple, une de ces familles, depuis le couple originel, comprend 53 petits qui ont donné 46 prises, soit 86, 7 pour 100, et à chaque génération la greffe donne toujours autant de succès. Nous appellerons cette famille la *lignée riche*, voulant rappeler par ce terme les lignées dont les botanistes et Jennings ([2]) ont démontré l'existence, d'une part chez les végétaux et d'autre part chez les Infusoires.

([1]) Tyzzer, *A study of inheritance in Mice with reference to their susceptibility to transplantable tumors* (*Jour. of med. res.*, t. XXI, n° 3, 1909, p. 519).

([2]) Jennings, *Heredity and variation in the simplest organisms* (*American naturalist*, t. XLIII, 1909, p. 321).

A cette lignée riche nous opposerons une *lignée pauvre* qui, sur 82 petits provenant d'un couple originel, a donné seulement 16 prises, soit 19,5 pour 100.

Nous nous sommes naturellement attachés aux cas extrêmes, mais nous savons qu'il existe d'autres lignées donnant des pourcentages compris entre 86,7 pour 100 et 19,5 pour 100.

La propriété de donner une lignée pauvre ou riche est inhérente au patrimoine génotypique des parents, mais n'a aucun rapport avec leur réaction personnelle vis-à-vis de la greffe (résultats identiques à ceux de Jennings pour la taille dans les lignées d'Infusoires). Ainsi des Souris réfractaires appartenant à une lignée riche, donnent une progéniture qui fournit le même pourcentage de succès que celle qui provient de Souris sensibles de la même lignée. De même pour les Souris de lignée pauvre.

Exemples :

1° 20 petits de lignée riche mais dont les parents étaient réfractaires ont fourni 19 succès;

2° Inversement, 17 petits d'une lignée pauvre, mais dont les parents ont été pris parmi les rares sensibles de cette lignée, ont donné seulement deux prises.

On conçoit d'après ces faits combien il est difficile d'isoler une lignée homogène, alors que cela ne souffre pas de difficulté chez les Infusoires dont un individu isolé fournit immédiatement une lignée pure par multiplication asexuée.

Conclusions. — On voit d'après ce qui précède qu'un élevage de Souris peut comprendre des individus appartenant à des lignées riches, pauvres, moyennes; suivant la prédominance, dans un lot donné, d'individus appartenant à telle ou telle lignée les résultats des greffes pourront être infiniment variés. Il n'est pas possible de comprendre pourquoi à l'intérieur d'une même lignée il y a des individus sensibles et d'autres réfractaires, alors qu'en fait ils sont capables de transmettre la même potentialité de pourcentage de prises. Il y a là une question tout à fait intéressante à creuser au point de vue de l'hérédité.

Si, comme nous le croyons, les facteurs ou tout au moins certains des facteurs héréditaires qui déterminent la prise d'une greffe cancéreuse sont les mêmes que ceux qui permettent le développement d'une tumeur spontanée, il s'ensuit que la connaissance de la lignée à laquelle appartient un individu a une grande importance : en effet, une descendance issue de deux

parents cancéreux de lignée pauvre aura beaucoup moins de chances de présenter des tumeurs qu'une descendance issue de deux parents réfractaires mais d'une lignée riche. Dans le problème du cancer, déjà si complexe, il faut sans aucun doute faire une place à un facteur d'hérédité.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Mécanisme électrostatique de l'hémiperméabilité des tissus vivants aux électrolytes.* Note [1] de M. **Pierre Girard**, présentée par M. A. Dastre.

La couche la plus externe du protoplasme des cellules vivantes (membrane cytoplasmique) présente une hémiperméabilité relative aux électrolytes. Par rapport au sérum, par exemple, les globules rouges renferment une proportion 10 fois plus grande de KCl et 10 fois moindre de NaCl. Ces chiffres donnent la mesure de ce qu'est cette hémiperméabilité. L'objet de cette Note est de montrer que le mécanisme de celle-ci est essentiellement électrostatique.

Dans une Communication antérieure [2] nous avons décrit un phénomène de polarisation très particulier dont les membranes inertes (en gélatine, vessie de porc, etc.) peuvent être le siège.

Les conditions nécessaires et suffisantes pour le produire sont : 1° une structure capillaire de la membrane; 2° un excès fût-il très léger d'ions H^+ ou OH^- dans le milieu liquide qui baigne la membrane; 3° une différence de pression osmotique d'une face à l'autre de la membrane.

L'intensité de cette polarisation E s'exprime, comme nous l'avons montré, par l'équation d'Helmholtz relative à la force électromotrice de filtration

$$E = \frac{\rho \varepsilon p}{4\pi\eta},$$

où ρ désigne la résistivité de la liqueur, ε la différence de potentiel des couches doubles dues aux ions, p une différence de pression osmotique et η un coefficient de viscosité.

En outre nous avons montré que l'interposition d'une membrane ainsi polarisée, entre une solution d'un sel neutre et de l'eau, modifiait considéra-

---

(1) Présentée dans la séance du 17 mai 1910.

(2) 19 avril 1909.

blement le jeu des forces électrostatiques qui interviennent dans la diffusion et qu'il en résultait au point de vue de la vitesse de diffusion, ou ce qui revient au même de la perméabilité de la membrane au sel envisagé, des conséquences importantes.

En polarisant, par exemple, par une trace de HCl une membrane en vessie de porc, on réduit au $\frac{1}{5}$ et davantage sa perméabilité au $MgCl^2$; en inversant le sens du champ de polarisation par une trace de NaOH, on accroît du double cette perméabilité.

Si l'on suppose fixé le sens du champ de polarisation de la membrane, celle-ci témoignera (en prenant comme point de comparaison la même membrane non polarisée) d'une imperméabilité relative ou d'une perméabilité accrue vis-à-vis de deux sels ayant même coefficient de diffusion mais dont les champs électrostatiques de diffusion sont orientés de sens contraire.

On comprend l'intérêt de ces faits au point de vue biologique, surtout si l'on réfléchit que, le protoplasme n'étant jamais absolument neutre, les membranes ectoplasmiques étant constituées, suivant la conception de Nægeli, par des micelles juxtaposées et les éléments minéraux n'ayant pas dans le liquide plasmatique la même concentration que dans le sérum, les trois conditions nécessaires à la polarisation de ces membranes cellulaires, conformément à l'équation d'Helmholtz, se trouvent ainsi réalisées.

Vraisemblablement la différence de potentiel qu'un tissu vivant présente d'une face à l'autre n'a pas d'autre cause que cette polarisation des membranes ectoplasmiques cellulaires [1] et cette différence de potentiel doit se comporter, au point de vue de la perméabilité de ce tissu aux différents sels, comme les champs de polarisation envisagés plus haut; si donc on suppose fixée l'orientation de cette différence de potentiel le tissu devra accuser une perméabilité différente pour des sels de coefficients de diffusion voisins, mais dont les champs électrostatiques de diffusion sont orientés de sens contraires.

Ou bien encore si l'on envisage un seul et même électrolyte dont le champ de diffusion est alors fixé, un tissu vivant devra témoigner pour cet électrolyte d'une perméabilité différente suivant l'orientation, dont on est maître, de la différence de potentiel qu'il présente d'une face à l'autre. C'est sous cette forme que nous avons soumis la question à l'expérience.

Le tissu en expérience (peau ou paroi abdominale de grenouille) était interposé dans un osmomètre, l'une des faces en contact avec la solution saline diffusante

---

[1] Pierre Girard, *Comptes rendus*, séance du 25 avril 1909.

(toujours isotonique à une solution de NaCl à 8 pour 1000), l'autre face en contact avec une solution sucrée isotonique à la solution saline. Le système entier était immergé dans un thermostat et la différence de potentiel du tissu (déduite de la différence du voltage du système total et du couple liquide : solution saline-solution sucrée) était suivie pendant la durée de l'expérience à l'issue de laquelle un dosage était fait.

Chaque expérience était en deux phases de même durée.

Dans la colonne n° 5, nous avons convenu de faire précéder du signe + la différence de potentiel du tissu lorsqu'elle est orientée de même sens que celle du couple liquide, solution saline-solution sucrée, et du signe — dans le cas contraire.

Nos.	Solution saline.	Tissu.	Face en contact avec la solution saline.	Orientation de la différence de potentiel.	Valeur de la différence de potentiel.	Quantité de sel diffusée.	Observations.
					volt	g	
I.	Na Cl	Peau *Rana esculenta* (éthérisée)	interne	»	0,000	0,010	
	»	»	externe	»	0,000	0,010	
II.	Ringer	Peau *R. e.*	interne	+	0,012	0,004	La quantité dosée se rapporte au Cl dosé en NaCl.
	Ringer acidifié	»	externe	+	0,010	0,004	
III.	Ringer	Peau *R. fusca* (après 18h)	interne	+	0,004	0,012	Même observation
	»	»	externe	+	0,004	0,012	
IV.	Ringer	Peau *R. e.*	interne	—	0,020	0,008	»
	»	»	externe	+	0,017	0,001	»
V.	Ringer	Peau *R. e.*	externe	+	0,014	traces	»
	»	»	interne	—	0,012	0,006	»
VI.	NaCl	Peau *R. e.*	interne	—	0,020	0,011	
	»	»	externe	+	0,020	0,002	
VII.	Na^2SO^4	Paroi abdominale *R. f.*	externe	—	0,016	0,012	
	»	»	interne	+	0,018	0,003	
VIII.	KCl	Peau *R. e.*	externe		0,022	0,013	
	»	»	interne		0,018	0,001	

En ce qui concerne le K Cl l'absence de voltage du couple solution saline-solution sucrée due à l'égale mobilité des deux ions du sel ne permettait pas dans la cinquième colonne la notation habituelle, mais les deux chiffres 0,022 volt et 0,018 volt correspondent à des différences de potentiel opposées et le maximum de perméabilité correspond à la même orientation du voltage qui assure le minimum de perméabilité au NaCl. Cette remarque nous paraît fournir une explication très simple des différences de concentration en KCl et NaCl à l'intérieur des éléments histologiques et dans le milieu qui les baigne.

Comme on voit, les différences de perméabilité ne sont bien dues qu'au seul facteur dont nous éprouvions l'influence : la valeur et l'orientation du voltage du tissu.

Les expériences I, II et III excluent l'objection d'une différence de perméabilité qui serait due à une différence de structure histologique d'une face à l'autre et les expériences IV et VI excluent l'hypothèse d'un accroissement de perméabilité due à un vieillissement des tissus pendant la durée de l'expérience.

Conclusion. — Le mécanisme de l'hémiperméabilité, qui n'est jamais que relative, d'un tissu vivant aux électrolytes est essentiellement électrostatique.

ANATOMIE. — *Courbure lombaire et promontoire.* Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

On a bien discuté sur le redressement de la colonne vertébrale de l'homme, mais il est un ensemble de considérations anatomiques en rapport avec ce fait, qui semblent n'avoir pas été suffisamment mis en lumière. Dans cette Note je ne m'occuperai que de la région lombo-sacrée.

Pour la même raison qui fait que le sacrum se développe à mesure que le corps s'élève sur les membres, dans la station bipède, où l'être ne repose que sur ses membres postérieurs, la ceinture pelvienne contracte avec la colonne vertébrale (sacrum) une union plus intime qu'ailleurs; il y a immobilité à peu près absolue. De plus, cette attitude spéciale a entraîné une orientation particulière du bassin, mais dans ce mouvement les os iliaques et le sacrum ont conservé leurs rapports réciproques ; l'os coxal est devenu nettement vertical et le sacrum a acquis une direction *très oblique, mais*

non verticale; il en résulte que si notre colonne lombaire n'avait pas formé une courbure concave en arrière et était restée dans le prolongement du sacrum, l'ensemble de notre colonne vertébrale aurait été très oblique, et le corps de l'homme fortement incliné en avant.

En somme donc, l'homme devant se relever pour des raisons que je n'ai pas à analyser ici, dans le redressement du bassin, par suite de sa fixité aux autres parties du squelette, le sacrum a pris une situation oblique et c'est cette position qui, à son tour, a été la cause efficiente de la formation de la courbure lombaire ([1]).

Le sacrum formant une région immobile, la colonne vertébrale a pivoté autour de la première vertèbre sacrée en prenant sur elle son point fixe. Ce mouvement n'a pu se produire que par l'action des muscles des gouttières lombaires. Certains états pathologiques viennent ici en aide à l'expérience et au raisonnement; dans la contracture permanente des extenseurs dorsaux, il y a exagération de la courbure lombaire dans leur paralysie; au contraire, la partie inférieure de la colonne vertébrale est *en ligne droite* avec le bassin (Duchenne de Boulogne). La courbure lombaire est maintenue, *entre autres causes*, par l'action continue des muscles lombaires et probablement aussi par celle des carrés des lombes qui sont situés dans un plan légèrement postérieur à l'axe solide de la colonne vertébrale, axe constitué par la succession des corps vertébraux.

Le redressement de la colonne vertébrale a eu un grand retentissement sur la constitution de la région lombo-sacrée.

Par suite de leur action continue, les muscles dorsaux de la région lombaire de l'homme sont beaucoup plus développés que ceux des autres Mammifères. Chez les Anthropoïdes, dont le rachis est oblique, ils sont intermédiaires entre ceux de l'homme et des autres Mammifères.

Ces muscles étant très développés ont besoin d'une large surface d'insertion; aussi le sacrum de l'homme est-il, en général, plus large que celui des autres Mammifères.

Les espèces qui se tiennent accidentellement sur leurs membres postérieurs (Ours, Singes, quelques Rongeurs) ont généralement un sacrum, toute proportion gardée, plus large que leurs voisins quadrupèdes.

([1]) On a évoqué bien d'autres raisons pour expliquer ce phénomène (stabilité du corps, flexibilité de la colonne vertébrale, lutte contre le poids des viscères, etc.); je n'ai pas la place de les discuter ici, je le ferai dans un Mémoire actuellement en préparation. Mais dès maintenant je crois devoir dire que la plupart d'entre elles ont joué un certain rôle, *mais que leur action a été simultanée.*

Les disques intervertébraux de la région lombaire de l'homme sont plus minces en arrière qu'en avant; il en est de même du corps de la cinquième lombaire. Chez les autres Mammifères, cette disposition ne se produit jamais; un léger amincissement antérieur des disques ou des corps peut même quelquefois s'observer.

Les régions lombaires et sacrées se rencontrent suivant un angle très obtus qui fait saillie dans la cavité pelvienne (*promontoire*). Si la région sacrée avait été malléable, au lieu d'un angle saillant il se serait constitué un passage graduel entre ces deux parties de la colonne vertébrale, comme cela s'est produit entre portions lombaire et dorsale. La raison de l'existence du promontoire se trouve dans la rigidité et la fixité du sacrum qui, offrant une forte résistance, a *obligé* la colonne lombaire à se courber brusquement à partir d'un point déterminé (l'expérience démontre le fait). Chez les Mammifères où la courbure lombaire n'existe pas, il n'y a pas de promontoire; lorsque la courbure est légèrement accentuée (Anthropoïdes) le promontoire est peu indiqué.

CYTOLOGIE. — *Le nombre des chromosomes chez les Batraciens et chez les larves parthénogénétiques de Grenouille.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Nombre des chromosomes chez les Batraciens. — Tous les Batraciens étudiés jusqu'à ce jour possèdent le même nombre de chromosomes, et tous les auteurs, invariablement, fixent ce nombre à 24. Or, je suis en mesure de prouver que les numérations entreprises sur ces animaux ne sont pas exactes : le nombre des chromosomes des Batraciens est 12 seulement.

On peut s'en assurer du premier coup, en s'adressant aux figures du diaster anaphasique dans le tissu épidermique des larves de Salamandre, par exemple, où elles sont remarquablement claires. Douze anses chromosomiques composent ce diaster anaphasique à chacun de ses pôles. Mais il est peu probable que les auteurs aient essayé la numération à ce moment. Je pense qu'ils se sont, au contraire, attachés exclusivement à dénombrer les chromosomes de la fin de la prophase, ou ceux de la métaphase. En effet, à la prophase et à la métaphase, on compte toujours 24 chromosomes.

Dans ma Note du 9 mai dernier j'ai montré, à propos des spermatogonies de *Sabellaria spinulosa* Benck, que les anses de la plaque équatoriale ne devaient pas être considérées comme des anses sur le point de subir la

division, mais comme des anses-filles résultant de cette division. L'étude des noyaux des Batraciens m'a conduit aux mêmes résultats. Dans le cas de ces derniers animaux, les 12 anses anaphasiques entrent dans la constitution du noyau-fils, en subissant à la télophase leur *véritable division longitudinale*. Désormais, le noyau contient, non plus 12, mais 24 chromosomes nettement individualisés. Lorsque la phase d'accroissement sera terminée, lorsque la membrane nucléaire disparaîtra et que le fuseau s'ébauchera dans le cytoplasme, 24 anses chromosomiques seront disposées à la place du noyau, prêtes à être réparties en deux groupes de 12, pour la formation de deux autres noyaux, fils du précédent.

Nombre des chromosomes chez les larves parthénogénétiques de Grenouille. — Le nombre somatique étant 12, le nombre réduit des chromosomes de la spermatide et de l'ovotide est 6.

Au moment où je me préoccupais de déterminer ces chiffres, Bataillon fit paraître sa Note sur la parthénogenèse artificielle des œufs de Grenouille. J'ai refait l'expérience, et j'ai pu m'assurer que le procédé de la piqûre est aussi simple qu'efficace. J'étais surtout intéressé par la question de savoir si les noyaux des embryons parthénogénétiques obtenus sont à n, ou bien à $\frac{n}{2}$ chromosomes. Quelques embryons furent fixés au bout de 2 jours, d'autres au bout de 6 jours et demi.

Dans un cas comme dans l'autre, les noyaux renferment 6 chromosomes, le nombre réduit.

Le nombre normal ne s'est donc pas rétabli. Peut-être cela doit-il se réaliser plus tardivement. En tout cas, la persistance de l'autonomie des chromosomes à travers le noyau quiescent, si facile à démontrer chez les Batraciens, s'oppose à l'explication d'une auto-régulation par remaniement. Si le nombre normal se rétablissait, cela ne pourrait avoir lieu, dans chaque cellule, qu'à la faveur de deux divisions longitudinales consécutives des chromosomes, sur place, dans le même territoire. Le fait n'est pas impossible, mais je n'en connais pas d'exemple. Cela n'arrive même pas dans le cas de la maturation. D'autre part, en admettant que le rétablissement du nombre n se réalise à un moment donné, il est certain que, plus on s'éloigne de la première mitose somatique, et plus le processus du rétablissement se complique et devient difficile à imaginer. Enfin, on n'en voit pas la nécessité. Meves a montré que dans la spermatogenèse de l'Abeille et de la Guêpe, la première mitose de maturation ne se produisait pas. Elle ne fait que s'esquisser; la seconde seule aboutit à une division du corps cellulaire et du noyau. Or, toutes les cellules constituant l'organisme mâle chez l'Abeille et chez la

Guêpe sont des cellules réduites provenant de la division répétée d'une ovotide non fécondée. Si les embryons parthénogénétiques de Grenouille arrivaient à maturité sexuelle, ils ne se comporteraient sans doute pas autrement. Leurs spermatocytes, ou leurs ovocytes de premier ordre, déjà réduits, n'auraient pas besoin de l'être une seconde fois; et leurs éléments reproducteurs posséderaient le même nombre de chromosomes que ceux provenant d'individus ordinaires.

MICROBIOLOGIE. — *L'eau stérilisée par les rayons ultraviolets contient-elle de l'eau oxygénée? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée.* Note de MM. **Jules Courmont**, **Th. Nogier** et **Rochaix**, présentée par M. Guignard.

On sait, depuis nos travaux [1], quel est le pouvoir bactéricide qu'exercent les rayons ultraviolets sur les microbes de l'eau. Une eau, contenant 1800000 colibacilles par centimètre cube, n'en renferme plus un seul, *au litre*, après quelques secondes d'irradiation. Les microbes à spores sont également détruits (Miquel, utilisant l'appareil Nogier).

1° Cette action microbicide est directe. Elle n'est due ni à la production d'ozone, ni à la production d'eau oxygénée.

Pour l'*ozone* l'accord est aujourd'hui établi; une lampe en quartz à vapeur de mercure, immergée dans l'eau, ne produit pas d'ozone, pendant le temps d'irradiation nécessaire à la stérilisation.

2° Reste la production d'*eau oxygénée*. Certains l'admettent encore; on a même émis quelques craintes sur les qualités de potabilité d'une eau qui renfermerait de l'eau oxygénée.

Miroslaw Kernbaum, van Aubel ont constaté la présence d'eau oxygénée après 10 et 14 heures d'irradiation. Lombard ne donne pas le temps d'irradiation. Cernovodeanu et V. Henri ont obtenu, en 30 minutes, un cinquième de milligramme de H^2O^2 par litre.

Tous ces temps sont très supérieurs à celui qui est nécessaire (quelques secondes à une minute) pour la stérilisation.

Nous avons refait des expériences. Nous n'avons trouvé aucune trace

---

[1] J. Courmont et Th. Nogier, *Comptes rendus*, 22 février, 8 mars, 12 juillet et 2 août 1909.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE

d'eau oxygénée ([1]) dans l'eau en contact, pendant 20 minutes et plus, avec une lampe *immergée*.

Il est donc impossible d'admettre que l'eau potable qui sort d'un appareil à stérilisation (lampe en quartz immergée) contienne même des traces d'eau oxygénée. Nulle crainte ne doit subsister de ce chef.

3° Quel est d'ailleurs le pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée? Les chiffres des auteurs ne sont pas concordants. On admet en général ceux de Reichel (1908): 1,5 pour 1000, et un contact de 6 heures, pour tuer le *bacille d'Eberth* dans l'eau.

Nous avons fait plusieurs expériences sur l'eau polluée (voir plus haut) avec 1 800 000 colibacilles par litre. Il faut, pour stériliser cette eau (que les rayons ultraviolets stérilisent en quelques secondes), ajouter à un litre : 80^{cm^3} d'eau oxygénée à $9^{vol},80$ ([2]) soit $1^g,188$ d'eau oxygénée pure par litre) et maintenir un contact de 3 heures. Cette dose d'eau oxygénée est 6000 fois plus forte (sans parler du contact nécessaire de 3 heures) que celle trouvée par Cernovodeanu et V. Henri après 30 minutes d'irradiation.

Ces chiffres donnent aussi, par comparaison, une idée du formidable pouvoir des rayons ultraviolets, qui stérilisent en quelques secondes une eau que l'eau oxygénée ne stérilise qu'en 3 heures, à la dose de $1^g,188$ par litre (1,188 pour 1000).

MÉDECINE. — *Sur le traitement curatif du charbon par la pyocyanase.* Note de M. **L. Fortineau**, présentée par M. E. Roux.

Au cours de recherches sur l'antagonisme du charbon et du bacille pyocyanique, nous avons été amené à reprendre les expériences de MM. Bouchard et Chassin ([3]) d'une part, Woodhead et Wood ([4]) de l'autre.

Ces expériences nous ayant donné chez le cobaye et le lapin des résultats intéressants, nous avons traité par ce moyen des moutons charbonneux et

---

([1]) Recherche par la solution d'iodure de potassium amidonné, le chlorhydrate de métaphénylène-diamine en solution ammoniacale, le réactif sulfomolybdique décoloré par une goutte de solution de permanganate de potassium.

([2]) Solution commerciale débarrassée au préalable des acides, etc., qu'elle peut contenir, et titrée au début de l'opération.

([3]) Bouchard, *Les microbes pathogènes* (*Comptes rendus*, 1889).

([4]) Woodhead et Wood, *Comptes rendus*, 1889, p. 985.

un cas de pustule maligne, et c'est le résumé de ces traitements que nous allons exposer ici.

1° Les cultures mixtes de charbon et de pyocyanique [1], les cultures de charbon dans du bouillon additionné de pyocyanase présentent une virulence atténuée et les bactéridies charbonneuses développées dans ce milieu montrent des altérations morphologiques.

2° Les injections préventives de pyocyanase précédant de moins de 2 jours l'inoculation de charbon sont impuissantes à enrayer la maladie chez le cobaye et le lapin.

3° Les lapins vaccinés contre le bacille pyocyanique sont réfractaires au charbon, même au bout de quelques mois.

4° Les toxines des diverses races du bacille pyocyanique, injectées au lapin et au cobaye dans un délai de 24 heures après l'inoculation virulente, possèdent un pouvoir curatif contre le charbon. Cette action est rarement suffisante contre l'inoculation du sang charbonneux ou des cultures provenant de l'animal.

Les toxines employées étaient des bouillons de cultures de 3 semaines filtrés et portés 1 heure à 70°.

Après quelques essais destinés à déterminer la virulence de notre culture pour le mouton, nous nous sommes arrêté à la dose de $0^{cm^3},5$ de bouillon de culture de 24 heures qui, injecté sous la peau, tue un animal de 30^{kg} à 35^{kg} en 40-44 heures.

Les moutons traités, au nombre de 4, ont tous résisté. La pyocyanase fut injecté aux deux premiers au point d'inoculation du charbon, à la dose de 10^{cm^3}, au bout de 6 heures pour l'un et de 24 heures pour l'autre; une seconde injection identique fut faite dans les mêmes conditions au bout de 24 heures chez les deux animaux.

Les deux autres ne reçurent qu'une seule injection, l'un 6 heures, l'autre 24 heures après l'inoculation virulente.

Cette dernière expérience fut particulièrement intéressante, car ici la pyocyanase et le charbon furent inoculés dans deux régions différentes : l'animal traité au bout de 6 heures ne présenta pour toute réaction qu'un œdème passager au point d'inoculation; celui qui fut traité au bout de 24 heures guérit également, bien que l'injection curative ait été précédée chez lui d'infection profonde.

En présence de ces résultats et de la faible toxicité de la pyocyanase, dont nous avons injecté 50^{cm^3} à la fois sous la peau d'un chien de 5^{kg} sans

---

[1] D'Agata, de Naples, a vaccine des Ovidés par ce procédé (*A VIe Congrès international de Médecine, Budapest*, avril 1909; *Annales de l'Institut Pasteur*, 25 avril 1910).

déterminer d'autre symptôme qu'un amaigrissement passager, nous avons employé ce mode de traitement dans un cas de pustule maligne, où il semble s'être montré nettement favorable.

MÉDECINE. — *Moyen d'éviter des accidents anaphylactiques.* Note de M. A. **Besredka**, présentée par M. E. Roux.

La fréquence des accidents sériques chez l'homme, d'une part, le doute que certains savants (¹) ont formulé sur la réalité de l'antianaphylaxie, d'autre part, nous font un devoir de revenir sur le procédé de préventions par petites doses (²) et d'en préciser la technique.

On sait que tout animal ayant reçu, à un moment donné de sa vie, du sérum d'un animal étranger, demeure pendant des années sensible vis-à-vis de toute nouvelle injection de sérum de même espèce; cette sensibilité particulière, ou anaphylaxie, se traduit, comme on le sait, chez les animaux, par des accidents d'extrême gravité ou par la mort, suivant la dose de sérum injecté. Des accidents de même ordre s'observent aussi chez l'homme.

Des expériences sur les cobayes, que nous poursuivons depuis longtemps à l'Institut Pasteur, nous ont amené à conclure qu'on peut vacciner l'animal contre les dangers de la deuxième injection, en créant chez lui un état particulier que nous avons désigné sous le nom d'antianaphylaxie.

Pour réaliser cet état chez le cobaye, plusieurs moyens sont à notre disposition; nous les avons décrits ailleurs (³); ici, nous voulons exposer le procédé de vaccination qui nous paraît appelé à rendre le plus de service dans la pratique humaine.

Les expériences nous ont montré qu'un cobaye anaphylactisé passe rapidement à l'état d'antianaphylaxie, si on lui injecte une très faible dose de sérum sous la peau, dans le péritoine ou dans les veines. Prenons un exemple concret.

Un cobaye a reçu, il y a 15 jours, 1 mois, ou 1 an, un peu de sérum de cheval sous la peau; quoique ne différant en rien en apparence de ses congénères, le cobaye se trouve de ce fait anaphylactisé, ce qui veut dire que si un jour on lui introduit de nouveau du sérum de cheval sous la peau, dans le péritoine, dans le cerveau, dans le rachis ou dans les veines, on le tuera en

(¹) Arthus, *Arch. intern. Physiol.*, t. VII, 20 avril 1909, p. 519.

(²) *Comptes rendus Soc. Biolog.*, t. LXVI, p. 125.

(³) *Bull. Institut Pasteur*, t. VII, septembre 1909. Rapport au Congrès de Budapesth.

quelques minutes avec des doses variant de 5^{cm^3} à $\frac{1}{30}$ de centimètre cube, suivant le lieu de l'injection.

Injectons à ce cobaye anaphylactisé $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de sérum de cheval sous la peau, ce qui est une dose au moins 50 fois inférieure à la mortelle. Le cobaye la supporte sans le moindre inconvénient, et du coup il devient antianaphylactisé; cela veut dire qu'on peut maintenant lui injecter une dose sûrement mortelle ou même deux fois mortelle dans les centres nerveux ou dans le sang, sans lui porter le moindre préjudice.

La petite dose de sérum injectée sous la peau ($\frac{1}{20}$ de centimètre cube dans notre cas) remplit donc l'office d'un véritable vaccin; pareil effet s'obtient aussi par l'injection d'une petite dose de sérum dans le péritoine, dans les veines ou dans le cerveau.

Suivant le point où l'on porte cette faible dose de sérum, l'immunité s'acquiert avec une plus ou moins grande rapidité; chez le cobaye, elle s'établit environ 3 heures après l'injection sous-cutanée, 1 heure après l'injection intrapéritonéale; elle est presque instantanée après l'injection intraveineuse.

Cette rapidité avec laquelle s'établit l'état antianaphylactique est très précieuse, car elle permet de réaliser, en peu de temps toute une série de *vaccinations subintrantes* conférant une immunité à toute épreuve.

Je m'explique. La petite dose de sérum qui jouait tout à l'heure le rôle de vaccin ne préserve, en réalité, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, que contre une ou deux doses mortelles de sérum; il est vrai que, lorsque la deuxième injection est pratiquée sous la peau, dans le péritoine ou dans le cerveau, il n'est guère possible matériellement de dépasser sensiblement ces doses. Mais il n'en est pas de même chez le cobaye lors de l'épreuve intraveineuse, ni chez l'homme auquel on est obligé d'administrer, dans les cas graves, des doses massives de sérum; c'est alors que le procédé des vaccinations subintrantes devient tout indiqué.

Voici en quoi il consiste : au lieu d'une seule injection vaccinante, on en fait deux, trois ou quatre; à chaque nouvelle injection qui suit de quelques minutes (3 à 5) la précédente, la dose de sérum augmente et, comme chaque nouvelle injection renforce davantage l'immunité de l'animal, on arrive très rapidement à créer un état antianaphylactique d'une solidité remarquable.

En voici un exemple : un cobaye anaphylactisé reçoit, à titre de vaccin, $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de sérum dans les veines, la dose mortelle étant de $\frac{1}{20}$ de centimètre cube; à la suite de cette première injection qui est absolument inoffensive, l'animal est à même de supporter, 5 minutes plus

tard, $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de sérum, soit une dose deux fois mortelle; cette deuxième injection fait à son tour office de vaccin, et de ce fait l'animal est susceptible de recevoir, 2 minutes plus tard, $\frac{1}{4}$ de centimètre cube, soit 5 doses mortelles; si nous attendons encore 2 minutes, nous verrons l'animal accepter, sans le moindre trouble 1^{cm^3} dans les veines, c'est-à-dire 20 doses mortelles; ces injections peuvent même être faites sans qu'on ait besoin de retirer la canule de la veine.

Donc, en moins de 10 minutes, on arrive par ce procédé à vacciner contre 20 doses mortelles; et il est plus que probable qu'on peut vacciner de la même manière contre autant de doses mortelles qu'on voudrait.

Le cobaye ainsi vacciné résiste à toutes les épreuves; que celles-ci soient faites par les voies intrapéritonéale, intracérébrale ou intrarachidienne, l'animal leur oppose une indifférence complète.

Ce que nous venons de dire au sujet de la vaccination par la voie veineuse s'applique intégralement à toutes les autres voies; un cobaye vacciné comme il vient d'être indiqué, c'est-à-dire en plusieurs temps, par la voie sous-cutanée, par exemple, résiste ensuite aux épreuves les plus sévères, que celles-ci soient faites dans le péritoine, dans le cerveau, dans le rachis ou dans les veines.

La résorption du sérum sous la peau étant plus lente que dans les veines, l'antianaphylaxie demande naturellement plus longtemps à s'établir par la voie sous-cutanée que par la voie veineuse; ainsi, un cobaye auquel on a injecté, à titre de premier vaccin, $\frac{1}{5}$ de centimètre cube de sérum sous la peau, puis, 2 heures plus tard, 5^{cm^3} ou 10^{cm^3} de ce sérum, également sous la peau, est un animal qui peut faire face, 3 heures plus tard, c'est-à-dire 5 heures après la première vaccination, à des doses mortelles multiples injectées en n'importe quel point de l'économie.

ANTHROPOLOGIE. — *L'encéphale de l'Homme fossile de La Chapelle-aux-Saints.* Note de MM. **Marcellin Boule** et **R. Anthony**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une récente Communication (17 mai 1909), l'un de nous a annoncé l'étude de la surface endocrânienne de l'Homme fossile de La Chapelle-aux-Saints. Voici les principales conclusions de cette étude aujourd'hui terminée.

Le moulage de l'intérieur de la boîte encéphalique, habilement exécuté

par M. Barbier, chef de l'atelier de moulage du Muséum, est d'une netteté très satisfaisante. Nous l'avons comparé à des moulages endocraniens de Singes Anthropomorphes, de l'Homme de Néanderthal et d'Hommes actuels de diverses races.

A première vue, l'encéphale de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints, comme le crâne, paraît long, large et surbaissé. Cette forme encéphalique se retrouve presque identiquement chez les Hommes de Néanderthal et de Spy. Toute question de volume mise à part, elle se rapproche de celle des Anthropoïdes. Quelques autres caractères méritent d'être examinés de plus près.

On est frappé par la réduction cérébrale antérieure qui, sans atteindre celle qu'on observe chez les Singes, est néanmoins très accentuée et par la présence d'un *bec encéphalique*, dont le développement offre ici un aspect intermédiaire entre celui des Singes Anthropoïdes et des Hommes actuels.

La région cérébrale postérieure surplombe au-dessus du cervelet (fortes saillies sus-iniaques). Ce surplombement s'observe aussi chez les Hommes actuels et ne se retrouve, parmi les Singes, que chez certaines formes de petite taille, telles que les Hapales. Il nous paraît tenir surtout, chez ces derniers, comme chez l'Homme de la Corrèze, au mode spécial de répartition d'une matière cérébrale abondante dans ces crânes surbaissés.

Sur les moulages endocraniens des races humaines dites *supérieures*, les deux lobes cérébelleux sont très saillants et si rapprochés l'un de l'autre qu'ils ne sont séparés que par une fente très étroite, ne laissant rien voir du vermis. Sur des moulages d'Australiens, nous avons constaté que les lobes cérébelleux sont moins saillants et plus largement séparés. Chez les Singes anthropoïdes, l'écartement de ces lobes, encore plus considérable, s'accuse surtout dans les régions inférieures du cervelet; le vermis est découvert. L'Homme de La Chapelle-aux-Saints se rapproche extraordinairement des Singes sous ce rapport.

Autant qu'on peut en juger par la faible partie du moulage qui lui correspond, la moelle allongée devait avoir une direction plus oblique d'avant en arrière que chez les Hommes actuels et moins oblique que chez les Singes, même les Anthropomorphes.

La topographie cérébrale est aussi des plus intéressantes. Il faut d'abord noter la simplicité générale et l'aspect grossier du dessin de toutes les circonvolutions.

La scissure de Sylvius est largement béante en avant, ce qui indique un certain degré d'exposition de l'*insula*. Ce caractère doit être considéré comme le signe d'une infério-

rité notable. La scissure de Sylvius présente, très bien développées, les deux branches présylviennes et dont la postérieure, propre au genre *Homo*, apparaît cependant quelquefois chez les Anthropoïdes les plus évolués à cet égard.

La scissure perpendiculaire externe semble avoir été dépourvue de plis de passage pariéto-occipitaux superficiels, ce qui constituerait un caractère essentiellement simien.

Nous avons essayé d'évaluer approximativement et numériquement le développement relatif des divers lobes cérébraux en mesurant leurs surfaces extérieures. Par l'étendue de ses lobes frontaux et occipitaux, l'Homme de La Chapelle-aux-Saints se place parmi les Anthropoïdes et s'éloigne des Hommes actuels.

La troisième circonvolution frontale, la plus intéressante, a laissé une empreinte très nette. D'après notre moulage, l'étage métopique de cette circonvolution paraît avoir présenté une disposition comparable à celle qu'on observe chez les Anthropoïdes les plus évolués au point de vue cérébral (Orangs) : la branche présylvienne postérieure paraît séparer, sur le moulage, la région postérieure du cap de l'extrémité inférieure de la frontale ascendante, alors que chez l'Homme la circonvolution de Broca présente toujours une sinuosité de plus, la branche présylvienne postérieure étant séparée de la frontale ascendante par un repli supplémentaire de cette troisième circonvolution, qu'on nomme le *pied*.

Les faits anatomiques que nous venons de rapporter permettent de se faire une idée du développement intellectuel de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints. Nous avons vu que le dessin général des circonvolutions est ici très simple. Or, la complication des circonvolutions en relation avec le développement de la substance grise est bien, toutes choses égales d'ailleurs, en rapport avec le degré de développement des facultés nobles.

S'il est, en matière de physiologie cérébrale, un fait sur lequel les spécialistes soient d'accord, c'est l'importance attribuée aux régions antérieures des lobes frontaux pour les manifestations psychiques. Les lésions de cette partie du cerveau ne retentissent ni sur la sensibilité, ni sur la motricité et n'occasionnent que des troubles intellectuels. Il est donc très intéressant de constater que le développement relatif des lobes frontaux range notre homme fossile tout près des Singes Anthropoïdes et l'éloigne des Hommes actuels, même des races inférieures.

Si, partant des théories de Flechsig sur la différenciation des sphères sensorielles et des sphères d'association, on cherche à établir, sur le cerveau de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints, la part revenant à chacune de ces deux

catégories, il apparaît clairement que ce sont les territoires sensoriels qui sont ici, comme chez les Anthropoïdes, très développés aux dépens des territoires d'association.

Il semble donc que, malgré le volume absolu de sa substance cérébrale blanche et grise, en rapport d'ailleurs avec le volume de l'ensemble de son squelette céphalique, l'Homme fossile de la Corrèze ne devait posséder qu'un psychisme rudimentaire.

La théorie de Broca, sur la localisation du langage articulé dans le pied de la troisième circonvolution frontale, a été récemment très discutée. Si cette théorie était définitivement confirmée, nous devrions penser que l'Homme de La Chapelle-aux-Saints ne possédait qu'un langage articulé rudimentaire.

Enfin, une légère prédominance de l'hémisphère gauche sur l'hémisphère droit, observée également sur les encéphales des Hommes de Néanderthal et de Gibraltar, nous indique que ces Hommes primitifs devaient être déjà unidextres et ordinairement droitiers. Ce caractère, qui semble être l'apanage de l'homme, à l'exclusion des autres Primates, paraît être une conséquence de la spécialisation exclusive de la main pour le tact et la préhension.

ANTHROPOLOGIE. — *Les grottes peintes du Soudan français.* Note [1] de M. **Fr. de Zeltner**, présentée par M. Edmond Perrier.

Au cours de mon dernier voyage en Afrique, j'ai eu l'occasion de constater l'existence, dans les massifs montagneux de la haute vallée du Sénégal, de cinq grottes décorées de peintures paraissant remonter à une époque assez ancienne, et non encore décrites.

Elles présentent plusieurs particularités, qui leur sont communes, et les distinguent de leurs similaires françaises ou espagnoles :

1° Elles sont toujours situées à une certaine hauteur au-dessus du niveau actuel de l'eau. Cette constatation a son importance, les gisements préhistoriques se trouvant au contraire sur les bords et presque au niveau des cours d'eau;

2° Les peintures sont toujours placées dans la partie antérieure de la grotte qui est largement ouverte et bien éclairée par les rayons solaires. Les artistes qui les ont tracées n'ont eu par conséquent besoin d'aucun éclairage artificiel.

3° Elles sont toujours situées dans des points faciles à atteindre à la main, sans

[1] Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

échafaudage; souvent même leur position accessible a nui à leur conservation et elles ont été parfois usées par le frottement des gens qui s'appuyaient aux parois.

Les matières colorantes employées sont l'ocre rouge, le bleu d'indigo, le noir et une couleur blanche, d'ailleurs peu employée, dont l'origine m'est inconnue.

La grotte n° 1 se trouve sur la route de Bamako à Koulouba, à mi-hauteur d'une falaise dont le sommet est désigné sous le nom de *point G*. Ses peintures, toutes géométriques, sont faites à l'ocre rouge et figurent des hommes, des chevaux, des cavaliers, rendus par des traits rectilignes d'égale grosseur. De vastes espaces sont couverts de pointillés; on voit aussi des cercles croisés et des signes triangulaires, sans qu'aucun ordre apparent préside à leur groupement, ni qu'il paraisse y avoir de corrélation entre ces divers groupes. A l'endroit où la pluie poussée par le vent a pu les atteindre, les peintures sont très effacées. La plupart des indigènes de Bamako en ignorent l'existence, ceux qui les connaissent les considèrent comme anciennes, sans y attacher aucune importance.

Les fouilles que j'ai faites dans cette excavation sont restées sans résultat, le sol, formé de dalles, n'étant recouvert que de quelques centimètres de poussière apportée par le vent. Une molette en grès fin et un objet indéterminé ressemblant à une hache ont été trouvés à la surface.

La grotte n° 2 est située à quelques kilomètres de Kita, en face du petit village de Boko. Le grès rose où elle est percée a un grain très fin et peu de défauts, circonstance qui a permis d'obtenir des figures très nettes avec de l'ocre rouge. La plupart ont été disposées sur le plafond, qui est presque horizontal; quelques-unes sur la paroi postérieure, à peu près verticale mais ces dernières sont presque effacées. Elles représentent des signes alphabétiformes et quelquefois des hommes ou des animaux. Les indigène malinkés les nomment *cébé*, qui veut dire *écriture*, et les attribuent aux premiers hommes, des géants aujourd'hui disparus appelés *niamara*.

Dans la grotte n° 3 nous voyons apparaître un nouveau genre de dessins, toujours faits à l'ocre rouge. A côté de représentations zoomorphes, on remarque des signes de formes variées dont l'intérieur semble divisé en compartiments et porte un pointillé serré. L'analogie est grande avec certains signes du lac des Merveilles, où l'on croit retrouver des divisions territoriales vues de haut.

La grotte n° 4 est de beaucoup la plus intéressante, tant à cause du nombre des dessins que de leur variété et de leur étrangeté, ainsi que des couleurs employées.

On y distingue en premier lieu un groupe de six quadrupèdes peints en blanc, à museau et à oreilles pointues, à queue longue et fournie. Leur taille varie entre $0^m,50$ et 1^m; ils sont rendus d'une façon très réaliste et disposés sans ordre apparent. Deux animaux identiques, mais de petite taille et assez mal conservés, sont peints en rouge sur la paroi du fond.

A côté d'eux se voient deux dessins faits d'un large trait blanc ponctué de rouge : l'un a la forme d'un B majuscule; le second, plus compliqué, est ovale, et divisé intérieurement par un cloisonnement irrégulier; un signe piriforme blanc, accosté de quatre points de même couleur, semble être son prolongement.

A l'entrée d'un couloir obstrué, j'ai relevé un dessin bien particulier, formé de deux lignes blanches, courbes et parallèles de $0^m,30$ de longueur. Au-dessus de la supérieure se trouvent une série de onze points blancs et dix points allongés rouges; entre les deux lignes, treize points rouges; au-dessous, dix points blancs allongés. Le tout est assez effacé et évoque à première vue l'idée d'une représentation de pirogues. Je me garderai bien toutefois d'affirmer que telle a été l'intention de l'artiste.

A côté a été figurée une silhouette de main, identique à celle de Gargas et à celles que font les Noirs, aujourd'hui encore, en plaçant leur main gauche contre un mur et en projetant tout autour de la crème ou de la bouillie de mil, obtenant ainsi une silhouette réservée très nette.

Mais ce qui caractérise le mieux notre n° 4, c'est la présence d'un signe qu'on ne peut mieux comparer qu'à la queue d'un squelette de poisson, quelque peu irrégulière. Le plafond et même les parois sont décorés d'une centaine de ces signes, peints en blanc et placés pêle-mêle. Un certain nombre est enfermé dans une ligne blanche pointillée de rouge, qui n'empiète jamais sur eux. En quelques endroits ils ont été obtenus à l'aide d'une couleur spéciale et se détachent en rose clair sur fond sombre. J'ai pu en prélever un échantillon, qui caractérise cette technique, laquelle a permis d'obtenir également sur la paroi extérieure deux quadrupèdes rendus indistincts par les intempéries.

Cette grotte a une autre sortie, plus petite, sur un ravin voisin, mais qui ne contient pas d'images.

La même disposition se retrouve dans la grotte n° 5, qui traverse un rocher haut d'une quinzaine de mètres et isolé de la montagne, non loin du village de Bondonfo. Les deux extrémités de cette sorte de couloir sont ornées de dessins rouges ou noirs. On remarque de suite que les premiers représentent des animaux stylisés, tandis que les seconds reproduisent ces signes à cloisonnement intérieur que j'ai déjà signalés. Parmi les premiers on est assez surpris de trouver à plusieurs reprises une représentation qu'on ne peut attribuer qu'à un myriapode, et d'autres qui, par la brièveté de la queue et la longueur des pattes et du cou, ne peuvent être attribuées qu'à des

chameaux. Une autre figure peut indiquer un bœuf chargé. Toutes sont bien conservées.

Devant l'une des entrées se trouve une dalle en grès horizontale, ornée de trente-cinq cupules disposées assez régulièrement à la périphérie. C'est la première qu'on signale en Afrique occidentale.

Tel est, brièvement résumé, l'ensemble que présentent nos grottes peintes soudanaises.

Il semble bien que nous sommes en présence d'un art à son déclin, ou plutôt à l'état de survivance. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris s'il a disparu, même chez les populations musulmanes, presque sans laisser de traces.

ZOOLOGIE. — *Sur la protandrie chez les Lernæopodidæ.* Note de M. **A. Quidor**, présentée par M. Yves Delage.

L'observateur rencontre assez fréquemment sur les femelles adultes de *Lernæopodidæ* des formes pygmées considérées comme mâles et fixées généralement sur le thorax ou les pattes-mâchoires postérieures. La taille de ces mâles est d'ailleurs variable et les plus petits, caractérisés par la présence de glandes mâles très nettes, sont toujours fixés sur le mamelon génital. On trouve aussi, mais plus rarement, des formes mâles fixées directement sur l'hôte, soit isolément, soit en même temps que des femelles adultes.

D'autre part, nous avons, dans l'étude des Copépodes de la Mission Charcot, appelé l'attention sur le rôle locomoteur des pattes-mâchoires antérieures et postérieures d'une jeune *Anchorella intermedia* Quidor. Les premières sont en effet dirigées vers la partie postérieure du corps et non, comme chez l'adulte, vers la partie antérieure et les secondes ne sont pas encore soudées.

Après de longues et patientes recherches quelques observations heureuses nous ont permis de confirmer les conclusions que nous avions tirées des faits précédents.

Nous avons trouvé sur le thorax d'une femelle adulte de *Brachiella insidiosa* Heller, une forme parasite analogue au mâle pygmée de cette espèce mais beaucoup plus grande puisqu'elle mesure 4^{mm} alors que le mâle, fixé sur le mamelon génital de la femelle, ne dépasse guère 1^{mm}. Les appendices de cette forme sont identiques à ceux du mâle mais la partie antérieure du corps a déjà subi un allongement très net

tandis que la région postérieure s'est fortement développée. Les organes génitaux manquent mais le tube digestif est nettement visible par transparence.

Une forme analogue fut trouvée directement fixée sur la branchie près d'une femelle adulte. Elle mesurait 5^{mm} et les antennes postérieures, fortes et vigoureuses, étaient devenues préhensiles.

Il résulte donc des observations précédentes que, chez les *Lernæopodidæ*, tout au moins pour les genres *Anchorella*, *Brachiella* et *Lernæopoda*, le même animal est successivement mâle et femelle. Cette évolution sexuelle, désignée sous le nom de *protandrie*, ne serait d'ailleurs pas absolue.

Nous avons trouvé en effet, fixée directement sur la branchie, une jeune brachielle qui atteignait à peine 3^{mm} et dans laquelle on distingue nettement une région céphalique et une région abdominale. La première porte antennes antérieures et postérieures, rostre buccal avec mandibules et maxilles et deux paires de pattes-mâchoires armées de crochets terminaux fortement recourbés. La seconde se termine par un appendice fourchu et massif dont chaque branche comprend une pièce basilaire supportant deux articles terminaux.

Les appendices, rigoureusement identiques à ceux des deux formes citées précédemment, témoignent de l'identité spécifique des trois parasites.

Le plus petit s'est donc fixé directement sur les branchies du gade et n'a pu jouer le rôle de mâle. Si l'on rapproche de cette observation la découverte de formes mâles fixées directement et isolément sur l'hôte, on voit qu'une nourriture abondante paraît déterminer l'apparition des organes femelles alors même que la fonction de mâle n'a pas été remplie. Ce qui est nécessaire à la dissémination et à la continuité de l'espèce.

L'étude de *Nicothoa astaci* paraît justifier ces conclusions.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements tertiaires dans le Haut-Atlas marocain.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré dans une précédente Note l'importance des mouvements carbonifères dans le Haut-Atlas marocain.

Des plis tertiaires sont-venus s'y superposer, dont l'allure a été déterminée par le bord fracturé des anciens plis après le morcellement de la chaîne hercynienne; ce qui revient à dire que *la direction de la chaîne du Haut-Atlas s'est dessinée dès la fin des temps primaires.*

Le principal mouvement tertiaire a remanié les plis anciens et affecté les dépôts secondaires en même temps que les grès rouges du Permien. Il s'est établi ainsi un régime d'anticlinaux et de synclinaux parallèles à la direction générale de la chaîne et qui, par leur structure, rappellent le régime plissé de la chaîne saharienne très bien décrit par E. Ritter (1). Cette parenté tectonique des deux chaînes africaines ne permet pas de les séparer : *le Haut-Atlas fait suite à la chaîne saharienne comme le Petit-Atlas ou Rif forme le prolongement de l'Atlas tellien.*

Les plis tertiaires du Haut-Atlas occidental sont en outre *poussés vers le Nord.* Ils forment fréquemment des faisceaux de plis imbriqués, dans l'Est et dans la vallée du Sous, tandis que dans la zone littorale on observe des anticlinaux séparés, mais toujours déversés vers le Nord. La même règle s'applique à toute une série de brachy-anticlinaux qui émergent dans la région crétacée et éocène du Haouz de Marrakech.

Nous sommes ainsi conduits à voir dans le Haut-Atlas un substratum primaire anciennement plissé avec déversement de ses plis *vers le Sud* et une couverture secondaire jurassique ou crétacée, en partie géosynclinale, qui a subi plus tard des mouvements tertiaires marchant, en sens contraire, *vers le Nord.*

Les épisodes de l'Histoire géologique de l'Atlas marocain permettent un rapprochement avec les Pyrénées (2). Ils permettent également un parallèle avec les Alpes dont les plis tertiaires, poussés vers l'extérieur de la chaîne, ont été charriés vers le Plateau central; or, *il est manifeste que les plis récents de l'Atlas avaient des tendances à venir s'écraser contre la Meseta marocaine*, comparable par sa structure au Plateau central de la France. Ce qui distingue les Alpes de l'Atlas marocain c'est le degré d'intensité des efforts orogéniques mis en jeu, infinement moindres dans le dernier cas.

Après la grande phase des plissements tertiaires il s'est produit, par rémission des forces tangentielles, des tassements sur les deux versants, *de part et d'autre du Massif central de l'Atlas* déjà dessiné au début du Crétacé. Les fractures qui ont produit le morcellement de la chaîne ont rejoué et il en est résulté *les régions effondrées d'architecture tabulaire* du Haouz de Marrakech au Nord, du Sous et du Draa au Sud. Une autre conséquence de ces tassements a été la décompression dans la partie axiale de la chaîne et une *tendance à la structure en éventail des plis carbonifères,* notamment dans la zone anticlinale des Aït-Mdioual dans l'Est, et dans le *Massif central*

---

(1) *Le Djebel Amour et les monts des Oulad-Nayl* (*B. Serv. Carte géol. Algérie*, Alger, 1902).

(2) Léon Bertrand, *Contribution à l'étude stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales* (*B. Serv. C. géol. Fr.*, n° 118, t. CXVII, p. 173.).

de l'Atlas, tout en conservant néanmoins leur déversement plus accusé vers le Sud.

Si l'on parcourt le Haut-Atlas de l'Est vers l'Ouest, on voit que les plis tertiaires, surtout bien marqués dans les terrains jurassiques, passaient primitivement sur le Massif central, actuellement débarrassé de ces dépôts secondaires par l'érosion, pour s'incliner ensuite avec un abaissement d'axe très accusé et s'enfoncer finalement sous les eaux de l'Océan. Les deux anticlinaux du cap R'ir et d'Agadir n Ir'ir doivent être considérés comme formant le prolongement de la haute chaîne pour aller s'*ennoyer sous l'Atlantique* et réapparaître aux îles Canaries (¹), tandis que les brachyanticlinaux qui surgissent plus au Nord, jusqu'au Djebel Hadid, sont situés en dehors de l'Atlas proprement dit.

Le chenal qui sépare la côte sud-occidentale du Maroc de l'Archipel canarien est comparable au détroit de Gibraltar qui correspond, ainsi que je l'ai montré, à un ennoyage des plis de la chaîne Rif-Cordillère bétique (²). Il reste à savoir à quelle époque il a pu se produire par effondrement de l'aire d'ennoyage des plis tertiaires, autrement dit à quelle époque s'est produite la séparation des îles espagnoles du Continent africain.

La solution de ce problème implique d'abord la connaissance de l'âge des plis tertiaires ou, ce qui revient au même, de l'âge de l'Atlas; mais les documents sur cette importante question font en grande partie défaut. Je suis seulement porté à croire que l'Atlas constitue une chaîne très jeune.

J'ai observé à mon dernier voyage, tout le long de la côte Atlantique, entre Mogador et Agadir, des grès tortoniens à *Ostrea crassissima* qui sont antérieurs aux plis tertiaires de la région. De plus, une bande presque continue d'un Plaisancien bien caractérisé par des faunes de Pectinidés, borde la côte depuis Tanger et j'ai pu la poursuivre jusqu'à la plaine du Sous. On voit dans le Sud ce Pliocène inférieur s'élever depuis le niveau de la mer, sur le flanc septentrional de l'anticlinal du cap R'ir, puis recouvrir jusqu'à Agadir des plateaux côtiers d'une altitude de 200^m à 250^m. Ce terrain a pris part aux derniers mouvements de la chaîne et les plissements du Plaisancien sont encore visibles dans les brachyanticlinaux qui, dans la région littorale, surgissent, comme au Djebel Hadid, du Crétacé tabulaire.

Le puissant volcan trachytique et phonolitique dont j'ai révélé l'existence au Djebel Siroua, au sud du Haut-Atlas, daterait approximativement de cette époque; il paraît être en relations avec les fractures qui ont de ce côté produit le tassement de la

---

(¹) L'hypothèse que j'ai antérieurement formulée du prolongement de l'Atlas sous l'Atlantique pour se relever en plusieurs points, aux Canaries, aux îles du Cap Vert et dans le groupe des Antilles a reçu récemment une éclatante confirmation par la découverte d'Echinides cénomaniens dans l'île de Fuerteventura, par le botaniste Pitard et signalée par MM. Cottereau et Paul Lemoine (*C. R. somm. séances Soc. géol. Fr.*, séance du 21 février 1910, 4e série, t. X, p. 31-32).

(²) Louis Gentil, *Sur la formation du détroit de Gibraltar*, séance du 3 mai 1909.

région tabulaire du Sous et du Draa et il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer en outre qu'il se trouve dans la région métamorphique où convergent les plis carbonifères. Ce volcan néogène semblerait jalonner ainsi, au même titre que les volcans permiens, une zone faible de l'écorce terrestre.

Il résulte de ce qui précède que l'Atlas marocain, bien qu'offrant les analogies que j'ai signalées plus haut avec les Pyrénées éogènes, s'en écarte au point de vue de son âge pour se rapprocher des Alpes, de formation néogène et que la séparation du Continent africain de l'Archipel des Canaries est de date encore plus récente, de la fin du Pliocène ou plus vraisemblablement encore du Quaternaire.

Cette dernière conclusion est de nature à jeter un jour nouveau sur l'histoire de l'*Atlantis*, de cette vaste terre décrite par Platon et d'où serait partie, avant son effondrement sous l'Atlantique, l'invasion des *Atlantes* qui auraient donné naissance aux premiers peuples d'Europe. Une étude géologique minutieuse qui consisterait à établir le synchronisme d'anciennes plages soulevées à des altitudes comprises entre 0^m et 100^m, dont j'ai constaté les vestiges sur les côtes sud-marocaines avec les dépôts similaires qui doivent exister dans l'archipel canarien, pourrait apporter quelque éclaircissement sur cette question si, contrairement à l'opinion de certains philosophes qui ont commenté l'œuvre de Platon, de Humboldt en particulier [1], l'*Histoire de l'Atlantis et des Atlantes* n'est pas un mythe.

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 23 mai 1910

Le Jubilé académique de M. L.-P. Cailletet; 18 *janvier* 1910. Paris, Julien Frazier; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Le Centenaire du « Journal de Pharmacie et de Chimie », 1809-1909. Histoire

---

[1] *Cosmos*, traduction de H. Faye, t. II, p. 143.

du Journal et Notices biographiques, par Émile Bourquelot; avec 32 portraits. Paris, Octave Doin et fils, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Jungfleisch.)

Revision d'une partie de la collection des Hydroïdes du British Museum, par M. Armand Billard. (Extr. des *Ann. Sc. nat. Zool.*, 9e série, t. XI, p. 1-65.) Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Sur les propriétés thermo-électriques des alliages, par M. Witold Broniewski. (Extr. de la *Revue de Métallurgie*, t. VII, n° 5, mai 1910.) 1 fasc in-4°.

L'Hydrologie souterraine aux États-Unis, par E. A Martel. (*Spelunca :* Bulletin et Mémoires de la Société de Spéléologie, t. VIII, n° 59). Paris, 1910; 1 fasc. in-8°.

Preliminary Notes on photographic and spectrographic observations of Halley's comet, by V.-M. Slipher and C.-O. Lampland; Falgstaff, Arizona, mai 1, 1910. (Lowell Observatory, *Bulletin*, n° 47.) 1 fasc. in-4°.

Hipotesis y teorias relativas a los cometas y colas cometarias, y consideraciones sobre las posibles consecuencias del encuentro de éstas con la Terra, por Horacio Bentabol y Ureta. Madrid, 1910; 1 fasc. in-12.

Memoirs of the British astronomical Association : Vol. XVI. — Part 3: *Fourteenth Report of the section for the observation of Jupiter.* — Part 4 : *Sixth Report of the section for the observation of Mars.* Londres, 1910; 2 fasc. in-8°.

Report of the Chief Astronomer for the year ending march 31, 1908; printed by order of Parliament. Ottawa, 1910; 1 vol. in-8°.

Report of the Commissioner of Education for the year ended june 30, 1909; t. II. Washington, Government Printing Office, 1910; 1 vol. in-8°.

Missouri Bureau of Geology and Mines. Geology of the disseminated lead deposits of St. Francois and Washington counties, by Ernest Rabertson Buckley; t. IX, part I and II. Jefferson City, mai, s. d.; 2 vol. in-8°.

Memoirs of the Geological Survey of India; Vol. XXXVII : *The manganese-ore deposits of India*, by L. Leigh Fermor; part IV : *Description of deposits;* published by order of the Government of India. Calcutta, 1909; 1 vol. in-4°.

Abhandlungen der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften; Jahrgang 1909 : *Physikalisch-mathematische Classe*; mit 15 Tafeln. *Philosophisch-historische Classe;* mit 2 Tafeln. Berlin, Georg Reimer, 1909; 2 vol in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique; 4e série, t. XXIV, nos 1-2. Bruxelles, Hayez, 1910; 1 fasc. in-8°.

Universidad de la Habana. Revista de la Facultad de Letras y Ciencias : t. X, n° 1; enero de 1910. 1 fasc. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 30 mai 1910.

Université de Paris. Fondation R. Bischoffsheim. *Annales de l'Observatoire de Nice*, publiées sous la direction de M. le Général Bassot, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'Observatoire; t. XII. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°.

Ministère des Colonies. *Documents scientifiques de la Mission Tilho* [Mission Niger-Tchad], 1906-1909; t. I, et 3 cartes h. t. : 1. *Lac Tchad;* 2. *Bahr el Ghazal;* 3. *Bodeli, Borkou, Bilma.* Paris, Imprimerie nationale, 1910; 1 vol. et 1 étui in-8°. (Présenté par M. Ch. Lallemand.) [1 exemplaire du volume et 2 exemplaires des cartes.]

Dictionnaire haoussa, comprenant haoussa-français et français-haoussa, par M. Landeroin et J. Tilho. Paris, Imprimerie nationale, 1910; 1 vol. in-12. (2 exemplaires.)

Grammaire et contes haoussas, par M. Landeroin et J. Tilho Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-12. (Présenté comme l'Ouvrage précédent par M. Ch. Lallemand.)

Plusieurs brochures relatives au *Congrès mondial des Associations internationales sous le patronage du Gouvernement belge* (*Bruxelles*, 1910). (Présentées par M. le prince Roland Bonaparte.)

Plan de travaux océanographiques à exécuter dans les stations maritimes, adopté à Monaco par la Commission de la Méditerranée le 1er *avril* 1910; texte rédigé par L. Joubin. (*Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 168, 22 mai 1910.) Monaco; 1 fasc. in-8°. (Présenté par S. A. S. le Prince Albert de Monaco.)

Carte des gisements de coquilles comestibles de la partie des côtes de l'Ille-et-Vilaine comprise entre le cap Fréhel et la pointe du Grouin, dressée par M. L. Joubin; la Carte représente l'état des gisements en octobre 1908; s. l. n. d.; 1 feuille in-plano. (Présentée par S. A. S. le Prince Albert de Monaco.)

L'arbre à caoutchouc du Tonkin et du Nord-Annam, Bleekrodea tonkinensis *Dub. et Ebr.*, par Ph. Eberhardt et M. Dubard. Paris, Augustin Challamel, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

ERRATA.

(Séance du 17 mai 1910.)

Note de M. *Houllevigue*, Sur la dimension des éléments matériels projetés par les cathodes des tubes à vide :

Page 1237, ligne 5, *au lieu de* 10$^{\mu}$, *lisez* 100$^{\mu\mu}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Bassot**, en présentant à l'Académie le Tome XII des *Annales de l'Observatoire de Nice*, s'exprime en ces termes :

« Ce Volume contient la suite des observations méridiennes, faites principalement pour la revision du Catalogue d'étoiles doubles de Dorpat : la fin des observations concernant ce long travail, qui n'a pas duré moins de 16 ans, ainsi que le Catalogue, établi à Nice, qui en résulte, est en cours d'impression et formera le Tome XIV.

» Le Tome XII renferme, en outre, le relevé de toutes les observations, non encore publiées, de comètes et de petites planètes, exécutées aux trois équatoriaux que possède l'Observatoire de Nice, le grand équatorial de $0^m,76$ d'ouverture, le petit de $0^m,38$ et le coudé de $0^m,40$. Il donne enfin les découvertes et calculs d'orbites de comètes obtenus à Nice. »

CHRONOMÉTRIE. — *Sur les signaux horaires destinés aux marins.* Note de M. **H. Poincaré**.

Je crois devoir, au nom du Bureau des Longitudes, communiquer à l'Académie quelques détails sur une intéressante application de la T. S. F. à la navigation. C'est M. le lieutenant de vaisseau Tissot qui en a le premier conçu le projet ; il a pensé que d'un poste radiotélégraphique suffisamment puissant, on pourrait envoyer à de très grandes distances aux navires en mer des signaux quotidiens qui leur permettraient de régler leurs montres et même de se passer de chronomètre. Il a même construit

des appareils récepteurs, dont le prix est très modique et fort inférieur à celui d'un chronomètre, dont le maniement est facile et qui pourrait être facilement acquis, même par les caboteurs.

Le Bureau des Longitudes, saisi de la proposition, en confia l'étude à M. le Commandant Guyou; notre confrère démontra que la réalisation était possible, et l'on put obtenir sans peine des Pouvoirs publics les crédits nécessaires. Nous ne pouvions naturellement rien faire sans le concours de l'Observatoire et sans celui du Service radiotélégraphique militaire de la Tour Eiffel. En ce qui concerne la partie astronomique, M. Baillaud a chargé de cette mission M. Boquet qui s'en est acquitté avec son zèle, son dévouement et sa ponctualité accoutumés. Nous devons également remercier M. le Commandant Ferrié qui a organisé les appareils producteurs de signaux et dont la compétence spéciale et l'esprit inventif nous ont été très utiles.

L'installation a été retardée de plusieurs mois par les inondations de la Seine, qui ont amené la destruction complète du poste de la tour Eiffel. Aujourd'hui le désastre est réparé et le service fonctionne régulièrement depuis le 23 mai.

De 11^h59^m à $11^h59^m55^s$ on envoie une série de traits à titre d'avertissement; à minuit 0^m0^s un signal court est envoyé automatiquement par la pendule. De minuit 1^m0^s à minuit 1^m55^s, nouvelle série d'avertissement comprenant un trait, deux points, un trait, deux points, etc.; à minuit 2^m0^s, nouveau signal court automatique. De minuit 3^m0^s à minuit 3^m55^s, troisième série d'avertissement comprenant un trait, quatre points, un trait, quatre points, etc.; à minuit 4^m0^s, dernier signal court automatique.

De cette façon, les navires auxquels le premier signal aurait échappé, recevront l'un des deux derniers, et grâce à la différence des séries d'avertissement, aucune confusion ne sera à craindre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés des α-hydrindones-β-dialcoylées ou indanones-1-dialcoylées-2.2.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer**.

Parmi les divers modes de formation des α-hydrindones ou indanones-1, celui consistant à porter des chlorures des acides β-phénylpropioniques, qu'on traite au sein de l'éther de pétrole par du chlorure d'aluminium, compte parmi les plus simples et les plus pratiques.

C'est ainsi que M. S. Kipping [1] a obtenu l'indanone-1 en s'adressant au chlorure de l'acide phénylpropionique et, plus tard, la β-méthylhydrindone-α, ou 2-méthylindanone-1, en condensant dans les mêmes conditions le chlorure de l'acide α-méthyl-β-phénylpropionique ou benzylméthylacétique [2].

Ce même composé avait d'ailleurs été préparé par MM. Miller et Rhode en chauffant, à 150°, l'acide même avec de l'acide sulfurique concentré [3]. Le mode d'obtention, que nous avons signalé [4], des acides benzyldialcoylacétiques $C^6H^5CH^2.C\begin{cases}R\\R\end{cases}CO^2R$, nous a suggéré l'idée d'appliquer la méthode de M. Kipping pour la préparation des dialcoyl-2.2-indanones.

Grâce à l'amidure de sodium que nous avons fait réagir sur l'indanone-1 au sein du toluène, nous avons d'autre part réussi à alcoyler directement ce produit et avons, en particulier, obtenu une 2.2-diméthylindanone absolument identique à celle préparée par condensation du chlorure de l'acide diméthylbenzylacétique.

2.2-*Diméthylindanone*-1 $C^6H^4\begin{cases}CH^2\\CO\end{cases}C=(CH^3)^2$. — Le chlorure de l'acide benzyldiméthylacétique s'obtient très facilement en chauffant cet acide au bain-marie avec un peu plus que la quantité théorique de chlorure de thionyle. Quand il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique, on chasse le chlorure de thionyle en excès dans le vide et l'on distille, sous pression réduite, le résidu qui est à peine coloré.

Le chlorure de l'acide benzyldiméthylacétique $C^6H^5CH^2C(CH^3)^2-COCl$ constitue un liquide mobile, incolore, à odeur piquante et distillant à 125°-126° sous 15^{mm}. Refroidi dans un mélange de glace et de sel, il se prend en une masse de cristaux se fondant à +5°.

Pour transformer ce chlorure en diméthylindanone, on opère de la façon suivante : On ajoute dans un mortier 1^{mol} de chlorure dissous dans l'éther de pétrole (pour 20^g de chlorure on emploie environ 150^g de carbure). La solution est ensuite additionnée de chlorure d'aluminium finement pulvérisé qu'on introduit par petites portions. Il se

---

(1) S. Kipping, *Journ. of chem. Soc.*, 1894, p. 480.

(2) S. Kipping et Clarke, *Proc. chem. Soc.*, 1901, p. 181.

(3) Miller et Rhode, *Deut. chem. Ges.*, t. XXIII, p. 1898.

(4) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70; t. CXLIX, p. 5.

dégage de l'acide chlorhydrique, en même temps qu'il se dépose une huile brun clair, insoluble dans l'éther de pétrole et se prenant en une masse cristalline. On continue à ajouter le chlorure d'aluminium en ayant soin maintenant de broyer la masse jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique, ce qui arrive après addition de 1^{mol} à $1^{mol},2$ de chlorure. Quand on a soin de prendre les précautions indiquées, le produit de la réaction se présente sous la forme d'une poudre cristalline jaune clair, sous une couche d'éther de pétrole incolore.

On verse alors le contenu du mortier sur de la glace additionnée d'acide chlorhydrique. La combinaison aluminique se dissocie peu à peu, l'alumine entre en dissolution, tandis que la diméthylindanone formée se précipite en flocons blancs, cristallins, presque purs. On reprend par l'éther, on lave à la soude, on chasse l'éther et l'on distille le résidu dans le vide.

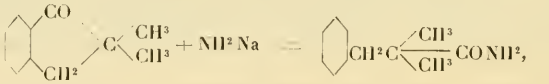
Le produit passe intégralement de 118° à 119° sous 15^{mm} en ne laissant qu'un résidu insignifiant quand l'opération a été bien conduite. Les rendements sont de 80 pour 100 par rapport à l'acide benzyldiméthylacétique employé.

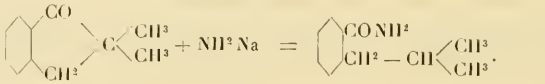
La *diméthylindanone*, formée en vertu de la réaction

cristallise au sein de l'éther de pétrole bouillant, en magnifiques cristaux fondant à 44°-45°. Elle est plus soluble dans l'éther ordinaire et dans l'alcool.

Ne possédant plus d'hydrogène substituable en α par rapport au groupe cétonique, la diméthylindanone devait se comporter, vis-à-vis de l'amidure de sodium, comme le fénone et la camphénilone de Semmler (¹), ou encore comme le diméthylcamphre (²) et nos trialcoylacétophénones (²).

La rupture d'un des noyaux pourrait toutefois se faire suivant deux schémas différents exprimés par les équations suivantes :

I. 

II. 

Dans le premier cas on aurait de l'amide de l'acide diméthylbenzylacétique et dans le second l'amide de l'acide orthoisobutybenzoïque.

(¹) F.-W. Semmler, *Deut. chem. Ges.*, t. XXXIX, p. 2577.

(²) A. Haller et E. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1652 et p. 70.

L'expérience a montré que la réaction s'effectue suivant la première équation. En effet, quand on chauffe la diméthylindanone en solution dans la benzine anhydre, avec 2^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé pendant 3 à 4 heures et qu'on décompose par de l'eau, dans les conditions indiquées pour la scission des trialcoylacétophénones, on obtient en quantité théorique de l'amide diméthylbenzylacétique fondant à 63°. Nous avons identifié cette amide avec le même produit obtenu par scission de la diméthylbenzylacétophénone.

Contrairement à l'indanone, le dérivé diméthylé résiste très bien à l'action de l'acide azotique à 40 pour 100 bouillant.

Diméthylindanone semicarbazone $C^6H^4 \begin{array}{l} N.NHCONH^2 \\ \diagup\!\!\diagdown C \\ CH^2 \end{array} C(CH^3)^2$. — Ce dérivé prend naissance quand on chauffe pendant 4 heures un mélange de diméthylindanone et de semicarbazide au sein de l'acide acétique cristallisable. On verse dans l'eau et le précipité est mis à cristalliser dans l'alcool. On obtient des aiguilles blanches peu solubles dans l'éther de pétrole et fondant à 209°-210°.

Il est à remarquer que cette semicarbazone se forme plus difficilement que la semicarbazone de l'indanone non substituée.

Nous avons réussi à diméthyler l'indanone directement en employant la méthode qui nous avait servi pour la préparation des alcoylhexanone, menthone, camphre, etc.

Nous sommes partis à cet effet de l'indanone que nous avons préparée par la méthode, légèrement modifiée, de St. Kipping. Il suffit, en effet, d'opérer la condensation du chlorure de l'acide hydrocinnamique sur lui-même, à basse température, et de verser le produit obtenu sur de la glace acidulée par de l'acide chlorhydrique. On obtient, dans ces conditions, des rendements de 80 pour 100.

L'indanone pure, dissoute dans l'éther anhydre, réagit déjà à froid avec de l'amidure de sodium avec formation d'un précipité et dégagement d'ammoniaque. Pour terminer la réaction, on chauffe au bain-marie, en ayant toutefois soin d'éviter toute entrée d'air qui pourrait oxyder le produit. Quand il ne se dégage plus d'ammoniaque, on introduit peu à peu l'iodure de méthyle. Il se produit une réaction assez vive avec dépôt d'iodure de sodium. Au bout d'une heure d'ébullition, on laisse refroidir et l'on isole le dérivé par les moyens connus. Il distille de 116° à 120° sous 16^{mm}.

Ce produit est ensuite soumis à la même série de traitements qui, cette fois, s'effec-

tuent au sein de la benzine. On obtient finalement un corps qui passe à 119°, sous 16^{mm}, et qui ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline, fondant à 44° et absolument identique au produit obtenu par le premier procédé.

Chauffé au sein de la benzine anhydre avec de l'amidure de sodium, cette diméthylindanone subit la même rupture et donne naissance à la même diméthylbenzylacétamide fusible à 63°.

2.2-*Diéthylindanone*-1 $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\CH^2\end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right.$. — Ce composé a été obtenu en passant par le même cycle de réactions que celui suivi pour la préparation de l'homologue inférieur.

A cet effet on commence par préparer l'*éthylbenzylacétophénone*

$$C^6H^5CH^2-\overset{\overset{C^2H^5}{|}}{CH}-CO-C^6H^5$$

en faisant réagir, au sein de l'éther anhydre, d'abord de l'amidure de sodium, puis du chlorure de benzyle sur la *n*-propylphénylcétone

$$C^6H^5CO^2CH^2-CH^2CH^3.$$

En opérant comme il a été décrit dans nos Mémoires précédents, on obtient l'*éthylbenzylacétophénone* cherchée sous la forme d'un liquide passant de 183° à 185° sous 14^{mm} et fournissant avec le réactif de Crismer une oxime en fines aiguilles fusibles à 70°.

On constate que dans cette préparation la benzylation va plus loin et que le résidu laissé par la benzyléthylacétophénone, soumis lui-même à une rectification sous un vide de 13^{mm}, fournit, vers 258°, un liquide qui se prend en masse par le refroidissement. Dissous dans l'alcool, ce corps cristallise en aiguilles fondant à 67°-68° qui ont la composition de la

dibenzyléthylacétophénone $C^6H^5.CO.\overset{\overset{C^2H^5}{|}}{C}(CH^2C^6H^5)^2$.

Monobenzyldiéthylacétophénone $C^6H^5.CO.C\left\langle\begin{matrix}CH^2C^6H^5\\(C^2H^5)^2\end{matrix}\right.$. — L'éthylation de la monobenzyléthylacétophénone s'est faite au sein du benzène en chauffant la cétone, d'abord avec l'amidure de sodium, puis avec de l'iodure d'éthyle. Après les traitements d'usage, on réussit à isoler un produit passant de 190° à 202° sous 13^{mm} et qui ne tarde pas à cristalliser. Par dissolution dans l'alcool bouillant et refroidissement subséquent, on l'obtient sous la forme de tablettes fondant à 80°-80°,5.

Cette cétone, chauffée avec le réactif de Crismer, ne fournit pas d'oxime.

Cette même benzyldiéthylacétophénone a été produite en éthylant d'abord la propylphénylcétone sodée au moyen de l'amidure en solution éthérée, puis benzylant, suivant le même processus, la *diéthylacétophénone* obtenue. Cette dernière cétone $C^6H^5CO.CH\begin{cases}C^2H^5\\C^2H^5\end{cases}$ se présente sous la forme d'un liquide distillant à 241°-243° sous 742^{mm} (¹).

Son oxime fond à 90°.

La benzylation de la diéthylacétophénone conduit avec de bons rendements à la même monobenzyldiéthylacétophénone fondant à 80°-80°,5.

Monobenzyldiéthylacétamide. Acide et chlorure monobenzyldiéthylacétiques. — Le dédoublement de la cétone par l'amidure de sodium a été essayé au sein du benzène, du toluène et du xylène et, dans aucun des essais, il ne s'est effectué avec de bons rendements.

On isole des produits qui distillent de 110° à 180°, sous 20^{mm}, dont nous poursuivons l'étude, puis une fraction, passant de 180° à 200°, qui contient l'amide cherchée à côté de cétone non altérée, et enfin un résidu goudronneux distillant à une température beaucoup plus élevée.

Sans chercher à purifier l'amide, nous avons directement traité la portion, passant de 180° à 200° qui la contenait, par de l'acide chlorhydrique et de l'azotite de soude, et avons réussi à obtenir une certaine quantité d'acide soluble dans le carbonate de sodium, d'où l'acide sulfurique le précipite de nouveau sous la forme d'une huile épaisse distillant à 197°-199° sous 17^{mm}.

Chauffé avec du chlorure de thionyle, cet acide fournit un chlorure

$$C^6H^5CH^2.C\begin{cases}C^2H^5\\CO\,Cl\\C^2H^5\end{cases}$$

à odeur piquante qui distille à 148° sous 13^{mm}.

La diéthylindanone prend naissance dans les mêmes conditions que son homologue inférieur : traitement d'une solution du chlorure de l'acide benzyldiéthylacétique dans l'éther de pétrole par du chlorure d'aluminium pulvérisé, puis décomposition par la glace et l'acide chlorhydrique du produit cristallin formé.

Elle se présente sous la forme d'un liquide distillant à 138° sous 13^{mm} et

(¹) Bayer et Perkin indiquent comme point d'ébullition de cette cétone 229°-231°, sous 710^{mm} (*Deut. chem. Ges.*, t. XVI, p. 2131). Claisen l'a sans doute également obtenue par éthylation de l'acétophénone sodée au moyen de l'amidure (*Deut. chem. Ges.*, t. XXXVIII, p. 697).

se prenant en masse dans un mélange réfrigérant. Les cristaux fondent à + 7°.

Traitée en milieu acétique par de la semicarbazide, elle ne fournit pas de semicarbazone, alors que la diméthylindanone se combine à ce réactif.

En résumé, les résultats consignés dans ce Mémoire sont les suivants :

1° Notre nouveau procédé de préparation des acides trialcoylacétiques nous permet d'obtenir assez facilement les acides benzyldialcoylacétiques dont les chlorures, en présence du chlorure d'aluminium, se condensent sur eux-mêmes à la façon du chlorure de l'acide β-phénylpropionique, pour donner naissance à des 2.2-dialcoylindanones-1;

2° Ces mêmes dialcoylindanones peuvent être préparées en partant de la plus simple, l'indanone-1, qu'on traite par de l'amidure de sodium et des iodures alcooliques;

3° Quel que soit leur mode de formation, ces dialcoylindanones, une fois formées, redonnent l'amide de l'acide benzyldialcoylacétique dont on est parti, de telle sorte qu'on se trouve en présence d'une nouvelle méthode de production de ces acides si l'on considère qu'on peut préparer les dialcoylindanones en alcoylant l'indanone simple;

4° Pour arriver à la diéthylindanone, nous avons dû préparer les benzyléthyl- et benzyldiéthylacétophénones, inconnues jusqu'alors, et avons obtenu en outre, comme produit secondaire, de la dibenzyléthylacétophénone qui n'avait pas encore été signalée.

Nous nous proposons de préparer, par notre méthode, les acides αα-dialcoyl-γ-phénylbutyriques, de les condenser, toujours suivant la méthode de St. Kipping, en 2.2-dialcoyl-1-tétrahydronaphténone, et d'essayer sur ces composés l'action de l'amidure de sodium pour nous assurer si ce réactif détermine également la rupture des chaînes hexagonales.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne.* Note de MM. **A. Chauveau** et feu **Contejean**.

L'importante constatation annoncée dans le titre de la présente Note a été faite au cours d'expériences sur la *marche de l'accroissement des excreta urinaires, de nature azotée, sous l'influence d'une cause excitatrice du mouvement de rénovation de la matière vivante, c'est-à-dire de la désintégration des substances albuminoïdes qui entrent dans la constitution des tissus de*

l'organisme. Il convient d'indiquer tout d'abord le but dans lequel cette étude a été entreprise.

Les substances albuminoïdes de l'organisme ont-elles un rôle à jouer comme source du potentiel auquel s'alimente la dépense énergétique liée à l'exécution du travail musculaire? Deux Notes, publiées au commencement de l'année 1896 (¹), apportent à la solution de cette grosse question une contribution très précise, partant très précieuse. Nos expériences se sont prononcées en faveur d'une réponse nettement négative.

Ces expériences ont consisté dans la comparaison des excreta azotés de l'urine, chez des sujets inanitiés mis alternativement au repos et en état de travail. On a contrôlé cette première série d'expériences par une autre, où la comparaison des excreta azotés de l'urine était faite sur un sujet de l'espèce canine nourri à la viande crue, parfaitement dégraissée.

Dans les deux cas, l'intervention du travail n'a pas modifié sensiblement la quantité des uréides formés au cours des expériences. Les très faibles et tout à fait négligeables différences qui étaient constatées se produisaient aussi bien à l'avantage des périodes de repos que de celles de travail. Par cette inaptitude de l'intervention du travail musculaire à modifier la valeur de l'excrétion courante des uréides, on était autorisé à conclure, sans hésitation, que « *les albuminoïdes ne sont pas au nombre des substances constituant le potentiel dans la combustion duquel les muscles puisent directement l'énergie nécessaire à leur fonctionnement* ».

C'est surtout sur le sujet en état de jeûne que se sont manifestés, dans tout l'éclat de leur très belle simplicité, les résultats, déjà entrevus par d'autres, qui imposent cette conclusion. Dans cette condition, les excreta azotés de l'urine ont pour source unique la désintégration imprimée, par la fonction rénovatrice de la matière, aux albuminoïdes de l'organisme. A un moment donné, la courbe bi-horaire de cette excrétion d'azote ne subit plus que de faibles oscillations. *Toute dépense supplémentaire d'albumine ne pourrait donc alors manquer d'élever sensiblement la hauteur de cette courbe. Or, ceci n'est jamais arrivé au cours des expériences*. La conclusion qu'on en a tirée est donc une proposition sûre.

(¹) *Le travail musculaire n'emprunte rien de l'énergie qu'il dépense aux matières albuminoïdes des humeurs et des éléments anatomiques de l'organisme* (*Comptes rendus*, t. CXXII, 24 février 1896).

Le travail musculaire emprunte-t-il directement de l'énergie aux albuminoïdes des aliments? (*Ibid.*, 2 mars).

Elle a été pourtant contestée. Tout au moins a-t-on voulu prétendre que les expériences d'où découle ladite proposition comportaient trop de difficultés et étaient de nature trop délicate pour légitimer une pleine et entière confiance dans l'exactitude des résultats négatifs de la comparaison. Voici les principales objections produites :

Premièrement, on a objecté que la grandeur du travail musculaire qu'on a fait intervenir était trop petite pour provoquer, dans ces expériences, une dépense d'albumine capable de se manifester clairement par un accroissement de l'excrétion azotée.

Deuxièmement, l'absence totale de cette excrétion azotée, au cours du travail effectué, à la supposer indiscutable, ne saurait être considérée comme une preuve certaine de la non-participation des albuminoïdes à la mobilisation de l'énergie qu'exige la production du travail intérieur représenté par la contraction musculaire. Il se pourrait qu'il y eût formation d'uréides au moment de la mise en activité des muscles, mais que l'élimination n'en fût pas terminée, ni même commencée, au moment de la cessation du travail. Rien ne prouve, en effet, que cette élimination des déchets azotés soit nécessairement contemporaine de leur formation.

Examinons rapidement les deux objections.

La première est fondée sur une équivoque. Les contradicteurs ont supposé que le nombre de kilogrammètres effectués par le sujet dans les expériences représentait la valeur de toute l'énergie mise en œuvre par son système musculaire. Ce n'en était qu'une faible partie. Faut-il rappeler la disproportion qui existe toujours entre la dépense énergétique du travail intérieur de la contraction musculaire et la valeur du travail extérieur dont celle-ci est l'agent ? Ne sait-on pas qu'en certaines conditions, cette disproportion peut devenir énorme ? Incontestablement les travaux intérieurs effectués dans les expériences eussent été largement suffisants, pour accroître la hauteur de la courbe de l'excrétion azotée, si l'énergie nécessaire à ces travaux avait eu pour origine la dislocation des substances albuminoïdes de l'organisme. Cette courbe ne s'est point élevée quand le sujet a travaillé parce que c'est une autre substance, un potentiel non azoté, qui a fourni cette énergie. Et elle n'est point de médiocre valeur, cette énergie, comme l'atteste le haut accroissement des échanges respiratoires qui accompagne toujours le travail musculaire. Le lumineux contraste que cet accroissement fait avec l'immobilité de la valeur de l'excrétion azotée était déjà signalé dans le récit des expériences de 1896. Comment s'expliquer qu'on n'en ait

pas tenu compte? Jamais cette première objection n'aurait dû être formulée : elle ne s'appuyait que sur des arguments mort-nés.

La seconde objection n'a point de fondements plus sérieux. Les faits nous l'avaient déjà démontré dès 1895. Mais ces faits, partie d'un grand ensemble de constatations expérimentales restées incomplètes, sur la fonction fondamentale de la rénovation de la matière, n'ont jamais été publiés. Il importe de ne point les laisser perdre. C'est le but de la présente Note. On y va voir que, chez le sujet en état de jeûne, les déchets azotés contenus dans l'urine y apparaissent toujours avec une telle rapidité, après l'intervention des causes provocatrices des désintégrations des albuminoïdes, qu'un long espace de temps ne pourrait prendre place entre le moment de la *formation* et celui de l'*élimination* desdits déchets. *C'est la démonstration de la quasi-contemporanéité des deux phénomènes et de la sûreté de la promptitude avec laquelle, dans leur cas, l'effet d'accélération répond à la cause accélératrice.*

Expérience. — Elle a été faite, au cours d'une période de jeûne qui a duré 6 jours (exactement 140 heures), sur une chienne du poids moyen de $13^{kg},200$, dressée depuis longtemps aux expériences de même nature. Pendant cette période de jeûne, le sujet continuait à recevoir chaque soir, à l'aide de la sonde œsophagienne, 400^{cm^3} d'eau de boisson.

Les opérations ont commencé à la soixantième heure de l'inanition et se sont prolongées sans arrêt jusqu'à la cent-quarantième. Elles ont consisté en cathétérismes répétés de la vessie, permettant de recueillir les urines toutes les 2 heures, sauf pendant les deux premières nuits, où l'urine de 14 heures fut retirée d'un seul coup. Les périodes de temps entre lesquelles se répartissent les opérations forment trois groupes. Le premier comprend les opérations du premier jour; le second, celle du deuxième jour; le troisième, les opérations des troisième et quatrième jours.

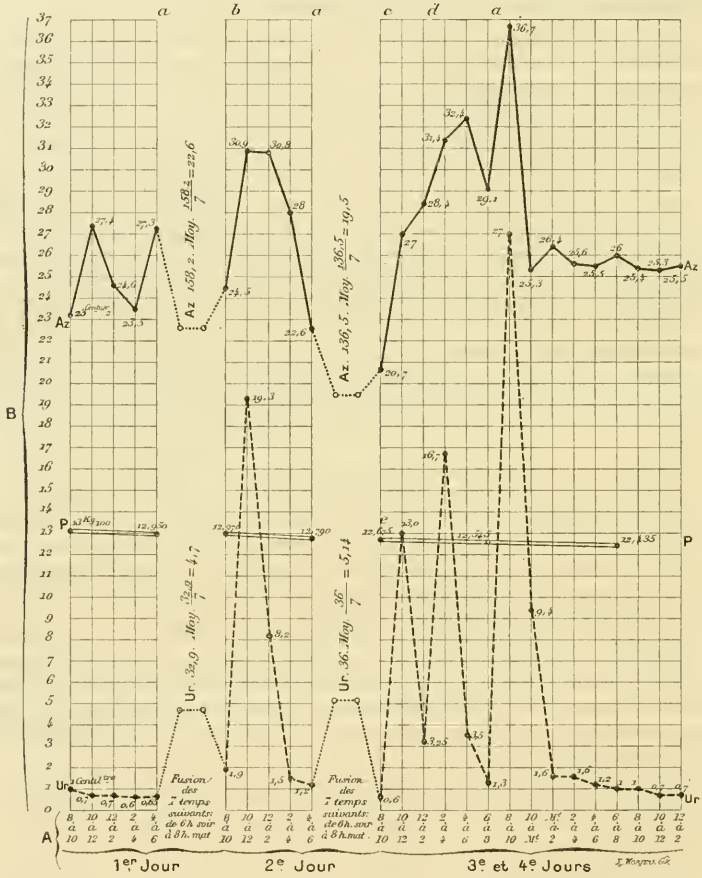
Les interventions à l'aide desquelles on a cherché à influencer la marche des désintégrations sont au nombre de quatre : aucune dans les périodes du premier groupe, qui servent de point de comparaison; une dans celles du deuxième groupe (douche froide de 15 minutes); trois dans le troisième groupe (deux douches froides et l'ingestion quotidienne d'eau de boisson, ingestion adaptée à l'étude de son rôle d'agent excitateur de la désintégration rénovatrice).

L'urine recueillie au cours de l'expérience forma donc 27 lots, dont 25 absolument comparables entre eux, parce qu'ils représentent l'urine des courtes périodes, qui ont eu exactement la même durée. Chacun de ces 27 lots a été soigneusement mesuré et analysé pour en déterminer, en bloc, d'après la valeur de l'azote total, la teneur en urée et autres uréides.

Toutes ces déterminations sont consignées dans le graphique ci-joint. Ne nous attachons qu'à celles qui permettent de voir comment ont répondu les excreta azotés de l'urine dans les 4 périodes où se sont produites les interventions accélératrices des désintégrations intimes de l'organisme.

Considérons d'abord, dans le deuxième groupe des expériences, l'intervention de

la douche administrée à 10h du matin. 1 *heure* 45 *minutes après son application, l'azote total des excreta urinaires* a atteint son maximum; il est passé de 245mg



A. En *abscisses*, succession des temps ou périodes de l'expérience. — B. Échelle des *ordonnées*, représentant les valeurs suivantes : 1° en *kilogrammes*, le poids du sujet (*courbe* P); 2° en *centilitres*, le volume de l'urine sécrétée (*courbe* Ur); 3° en *centigrammes*, le poids de l'azote total des excreta urinaires (*courbe* Az). — Les lettres, en haut du graphique, indiquent le moment où sont intervenues les diverses causes accélératrices de la désintégration des albuminoïdes de l'organisme : *a*, injection à la sonde de 400cm³ d'eau *b*, *c*, *d*, douche froide de 15 minutes.

à 309^{mg}. 2 heures plus tard, l'azote urinaire est toujours à peu près à la même valeur, 308^{mg}. Il lui faut encore 2 heures pour entrer franchement en décroissance et descendre à 280^{mg}. La réponse de ces excreta azotés est donc des plus explicites. *Pour que leur* élimination *soit arrivée aussi vite à son summum, il a fallu qu'elle débutât de bonne heure et qu'elle suivît de très près leur* formation, *elle-même très précoce. C'est exactement le contraire de ce qui aurait dû se produire en cas de disjonction accentuée des deux phénomènes et l'indication nette de leur quasi-contemporanéité.*

Dans le troisième groupe, où deux douches sont intervenues, l'une à 10^h du matin, l'autre à 2^h, *la marche ascendante qu'elles ont provoquée dans l'excrétion de l'azote urinaire s'est engagée également d'une manière fort rapide.* Et cette très grande rapidité se retrouve, encore accrue même, dans le très notable accroissement que la dernière intervention, celle de l'ingurgitation d'eau, à 8^h du soir, imprime à la valeur des excreta azotés contenus dans l'urine éliminée. Les chiffres constatés donnent à cette marche ascendante une signification précise, qui échappe à toute contestation.

Ainsi, après la première intervention (douche) de cette troisième série, l'azote excrété monte d'abord, en 1 heure 45 minutes, de 207^{mg} à 270^{mg}, puis, dans les 2 heures qui suivent, à 283^{mg}.

Après la deuxième intervention (douche) l'excrétion azotée, partie de ce dernier chiffre, 284^{mg}, reçoit un nouveau coup de fouet, qui l'élève, en 1 heure 45 minutes, à 314^{mg}, puis à 324^{mg} dans la période de 2 heures qui succède à celle au début de laquelle l'intervention s'est produite.

Enfin, après la troisième intervention (ingurgitation d'eau froide), la courbe de de l'excrétion azotée, qui était retombée à 291^{mg}, s'élève, en fin de période, à la hauteur de 367^{mg}, par un saut brusque, suivi d'une chute encore plus brusque, qui fait redescendre cette courbe à 253^{mg} dans la période suivante.

C'est dans ce dernier cas que l'effet accélérateur s'est montré le plus considérable, le plus fugitif aussi et, de ce fait, tout particulièrement concluant comme preuve de l'étroitesse des rapports qui existent entre l'effet et la cause dans le cas des interventions capables d'exciter les désintégrations rénovatrices.

Ainsi, tous les faits de l'expérience s'accordent pour démontrer nettement que, dans le cas de jeûne, la formation des déchets azotés dus à l'accroissement de la désintégration des albuminoïdes de l'organisme ne précède que de très peu leur élimination.

Ces faits prouvent aussi que l'apparition de ces déchets dans l'urine suit de très près l'intervention de la cause qui en a déterminé l'accroissement.

Donc, ce sont les témoins fidèles de toute intervention qui met en suractivité la désintégration des éléments quaternaires de l'organisme.

Il en résulte que tout acte physiologique qui s'accomplit sans modifier en rien la marche de l'excrétion azotée n'emprunte pas à ces désintégrations l'énergie nécessaire à son exécution.

D'où l'on est amené à conclure à la parfaite exactitude des expériences qui

ont démontré que l'énergie mobilisée pour les besoins de la fonction musculaire, chez les sujets en état d'inanition, ne provient pas du potentiel albumine.

La Physiologie générale, qui a si grand intérêt à être renseignée, tant au point de vue de la Science pure qu'à celui de ses applications utilitaires, sur les sources de l'énergie mise en jeu dans les actes de la vie, ne peut qu'enregistrer avec satisfaction les enseignements complémentaires donnés par la présente étude.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la monzonite de Fontaine-du-Genie, près Cherchel (Algérie) et sur les micromonzonites de la région avoisinante.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Jacques de Lapparent.**

Le principal objet de cette Note est de rappeler l'attention des lithologistes et des géologues sur les roches éruptives, d'âge tertiaire, du pays de Cherchel, signalées depuis longtemps, sommairement décrites par MM. J. Curie et G. Flamand [1] il y a une vingtaine d'années, et retombées dans l'oubli. Le pays de Cherchel nous paraît être, en réalité, une *province pétrographique* extrêmement curieuse, par la variété de ses roches tertiaires, l'étendue et la beauté de leurs affleurements, l'indubitable parenté qui lie la plupart d'entre elles. Il serait à désirer qu'un jeune géologue, connaissant bien les méthodes de la pétrographie actuelle, entreprît l'étude détaillée de cette province, depuis El-Affroun et le Chenoua à l'Est, jusqu'aux environs de Ténès à l'Ouest : c'est un admirable sujet de thèse.

L'un de nous a visité, au mois d'octobre de 1909, la région de Sidi-Simiane dans la partie orientale du bassin de l'Oued Messelmoun, et le petit massif de roche grenue qui domine Fontaine-du-Génie et qui est décrit par MM. Curie et Flamand sous le nom de Djebel Aroudjaoud (*loc. cit.*, p. 58). Au sujet de l'âge de ces roches, nous n'avons rien à ajouter aux indications de MM. Curie et Flamand. Les roches de Sidi-Simiane sont en amas, ou en cheminées grossièrement cylindriques ou coniques, ou encore en filons, dans les marnes et les calcaires du Crétacé supérieur; les roches de Fontaine-du-Génie et celles qui sont voisines de l'embouchure du Messelmoun forment des amas ou des cheminées dans le Miocène inférieur (Burdigalien, étage *cartennien* de Pomel).

---

[1] *Explication de la deuxième édition de la Carte géologique provisoire de l'Algérie;* 2e Partie : *Roches éruptives*, p. 50 et suiv. Voir aussi la Thèse de M. Delage sur le Sahel d'Alger, pour les roches de la région comprise entre Zurich et El-Affroun.

Les unes et les autres — et probablement toutes les roches tertiaires de la province — sont à peu près contemporaines : elles sont donc post-burdigaliennes, et l'on ne peut rien dire de plus. Tous les gisements, même celui de Fontaine-du-Génie où la roche est du type grenu, sont nettement *hypo-abyssiques*, c'est-à-dire que la roche s'y est consolidée à une faible profondeur au-dessous du jour. Les sédiments encaissants sont très faiblement modifiés au contact, sans que, nulle part, la transformation mérite vraiment le nom de *métamorphisme*. Dans les roches de Sidi-Simiane, il y a de nombreuses veinules, et même quelques petits filons, de sulfures métalliques mélangés (pyrite, galène et blende), à gangue de barytine ou de sidérose. Les minerais sulfurés apparaissent aussi, fréquemment, dans les contacts des roches éruptives avec les sédiments, ou encore dans les sédiments eux-mêmes non loin des contacts. Dans ce dernier cas, on observe la production d'un peu de calamine lorsque les sédiments sont calcaires.

La plupart des roches de la région de Sidi-Simiane sont des *micromonzonites* à mica noir et pyroxène, faiblement quartzifères, c'est-à-dire des roches porphyroïdes, de couleur grise, offrant, avec deux temps de consolidation, la même composition chimique et minéralogique que la *monzonite* grenue de Fontaine-du-Génie. Ces micromonzonites — que l'on pourrait encore appeler *trachyandésites* s'il ne valait pas mieux réserver ce dernier nom aux roches *volcaniques* de même nature — sont rarement fraîches. Les grands cristaux de feldspaths se montrent, presque toujours, fortement muscovitisés; ceux de mica noir, presque entièrement chloritisés. Par contre, le pyroxène, qui est un diopside vert pâle, est, le plus souvent, très bien conservé. Les cristaux de ce pyroxène sont arrondis, et comme corrodés par la pâte. Celle-ci est un fin mélange, parfois micropegmatitique, d'orthose et de quartz. Les quartz de première consolidation sont rares, très petits, et plus corrodés encore que les pyroxènes. Il y a quelques grands cristaux d'actinote, à peine altérés.

Avec ces micromonzonites, on observe, dans les profonds ravins des environs de Sidi-Simiane, quelques amas ou quelques cheminées de roches beaucoup plus claires, blanches ou jaunes, malheureusement très altérées, et qui sont des *microgranites*, ou des *microdiorites quartzifères*, correspondant, avec une forme porphyroïde, aux types acides grenus signalés par MM. Curie et Flamand. Mais les micromonzonites grises sont, de beaucoup, les roches prépondérantes.

Le massif de Fontaine-du-Génie (Djebel Aroudjaoud) est formé d'une très belle *monzonite*, à un seul temps de consolidation, souvent parfaitement fraîche. On exploite près de la route les gros blocs éboulés de la montagne, et cette exploitation a fait, pendant longtemps, donner le nom de Granite au village de Fontaine-du-Génie. La roche était déjà utilisée à l'époque romaine. Nous avons retrouvé les deux types décrits par MM. Curie et Flamand : l'un, *aplitique*, à grain très fin; l'autre, largement *granitoïde* avec

de magnifiques cristaux de mica noir qui ont jusqu'à 2^{cm} de largeur. Entre les deux, il y a des formes d'un grain moyen, où le mica noir est encore très visible. Les relations du type aplitique et du type granitoïde ne sont pas nettes : la démarcation, habituellement très tranchée, ne semblant pas épouser une surface régulière et continue, mais paraissant, au contraire, fort capricieuse.

Au microscope, on constate la présence des mêmes minéraux dans tous les types : l'aplitique, le granitoïde ou l'intermédiaire. La différence est seulement dans la structure, et aussi dans l'abondance du quartz. Rare dans la roche granitoïde, où la teneur en silice s'abaisse à 54 pour 100, ce dernier minéral devient assez abondant quand la roche est aplitique, et la teneur en silice peut alors s'élever à 66 pour 100 (MM. Curie et Flamand), de sorte que ces aplites sont comparables, pour l'acidité, aux *tonalita-plites* des Alpes orientales.

Nous n'avons pas observé la néphéline, signalée par MM. Curie et Flamand. La pauvreté de la roche en sodium rend la présence de ce minéral très peu vraisemblable. Les seuls minéraux observés par nous, dans les échantillons frais, sont : la biotite; le diopside vert pâle; l'actinote très claire, souvent groupée en houppes; l'orthose; un plagioclase, qui, tantôt est homogène avec une teneur en anorthite d'environ 70 pour 100, et tantôt est zoné avec une périphérie à 40 An et un cœur à 80 An; le quartz; l'apatite, et quelques grains de minerai de fer, ceux-ci et celle-là très peu abondants.

Voici la composition chimique de la roche granitoïde à grands cristaux de mica noir :

SiO^2	53,5
Al^2O^3	20,0
Fe^2O^3	2,5
FeO	3,7
MgO	2,2
CaO	7,9
K^2O	6,2
Na^2O	1,1
H^2O	2,4
Total	99,5

L'acide titanique et l'acide phosphorique (environ 0,25 pour 100 chacun) n'ont pas été dosés.

Si l'on fait abstraction de ces deux acides, et si, écartant l'eau d'imbibition et conservant seulement l'eau du mica noir, on rapporte la composition à 100, exactement,

on obtient le Tableau suivant (la deuxième colonne renferme les quotients moléculaires, multipliés par 100) :

SiO^2	54,87	91,45
Al^2O^3	20,52	20,12
Fe^2O^3	2,57	1,61
FeO	3,81	5,29
MgO	2,25	5,62
CaO	8,10	14,46
K^2O	6,36	6,77
Na^2O	1,13	1,82
H^2O	0,39	2,17
Totaux	100,00	149,31

Cette composition correspond très sensiblement au mélange minéralogique :

Orthose	33,0
Anorthite	27,0
Albite	10,0
Biotite	10,0
Diopside	11,0
Actinote	5,0
Quartz	3,0
Apatite	0,5
Minerais de fer	0,5
Total	100,0

en supposant qu'on ait affaire à un mica très peu magnésien et, au contraire, assez ferreux, et que le diopside et l'actinote soient à peu près exempts d'alumine.

Les nombres caractéristiques, suivant la méthode de M. Osann, sont :

$$s = 61,2, \qquad a = 5,2, \qquad c = 6,7, \qquad f = 8,1, \qquad n = 2,1.$$

Les caractéristiques, suivant la méthode de M. Michel Lévy, se déduisent immédiatement de la composition centésimale exacte. En particulier, le paramètre Φ (rapport de la silice pour 100 des éléments blancs aux alcalis) est égal à 2,6.

La roche en question est une monzonite typique, assez voisine de certaines *banatites*, ou encore de certaines *tonalites*. Elle est seulement moins sodique et plus potassique que la plupart des monzonites.

Il est extrêmement probable que la série des roches tertiaires du pays de Cherchel, analogue à celle que M. Brögger a cherché autrefois à définir pour les Alpes orientales, montrera, quand elle sera étudiée dans ses détails, tous les passages entre une monzonite basique (ou peut-être une diorite) et des tonalites très quartzifères, et que la roche de Fontaine-du-

Génie apparaîtra comme une sorte de moyenne, et comme le type le plus habituel de cette série. C'est pour cela que la description un peu précise de ce type prépondérant nous a semblé présenter dès aujourd'hui quelque intérêt.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou.* Note de M. **R. Zeiller**.

M. le Capitaine Berthon a récolté, au cours de ses explorations géologiques au Pérou, un grand nombre d'empreintes végétales dont il a bien voulu me confier l'examen, et sur quelques-unes desquelles j'ai pu faire des observations qu'il me paraît intéressant de faire connaître, en attendant une publication plus détaillée. Ces empreintes viennent des gisements wealdiens de Piñonate, près de Lima, et de la Caleta del Paraiso, dans l'île San Lorenzo, en face de Callao, gisements déjà explorés par M. Steinmann et par M. Lisson, et dont un certain nombre d'échantillons ont été décrits par M. Neumann [1].

Sans parler de quelques formes spécifiques nouvelles de Fougères et de Cycadophytes, qui seront décrites ultérieurement, je mentionnerai d'abord la présence, à Piñonate, de nombreuses pennes fertiles de Fougères appartenant à une Pécoptéridée très analogue et peut-être assimilable au *Pecopteris Browniana* Dunker; les pinnules en sont chargées de gros sporanges ovoïdes bisériés, munis d'un anneau élastique apical, tel qu'en possèdent les Schizéacées, et elles offrent ainsi tous les caractères du genre *Klukia* Raciborski, qui n'avait été observé jusqu'à présent que dans le Lias.

Les restes végétaux les plus abondants sont des fragments de pennes de Fougères bipinnées, à nervation aréolée, identifiables au *Weichselia reticulata* Stokes et Webb (sp.) (*W. Mantelli* Brongt.), si souvent rencontré dans le Wealdien; quelques-uns d'entre eux sont fertiles, ainsi que l'a déjà signalé M. Neumann, et portent, à la face inférieure de leurs pinnules, des sores arrondis, qui semblent formés de sporanges coriaces, peut-être soudés en synangium, mais dont on ne peut préciser la constitution, faute d'une conservation suffisante. Avec ces pennes feuillées sont associés, principalement à Piñonate, des empreintes d'axes aplatis, portant suivant leur ligne médiane, parfois un peu à droite ou à gauche de celle-ci, une série

---

[1] R. Neumann, *Beiträge zur Kenntniss der Kreideformation in Mittel-Peru* (*Neues Jahrb. f. Min.*, XXIV. Beilage-Bd., 1907, p. 74-87, 127-131, *Pl. I, II*).

longitudinale de petites dépressions ponctiformes, espacées de 8^{mm} à 10^{mm}, correspondant sur l'organe en relief à de petits tubercules faiblement saillants; les recherches que j'ai faites m'ont montré qu'il s'agit là de rachis de *Weichselia* ayant perdu leurs pennes de dernier ordre, conformément à ce qui a lieu chez certaines Fougères vivantes à pennes caduques; l'un de ces axes, où la file de cicatrices était exceptionnellement très rapprochée de l'un des bords, m'a offert, en effet, sur l'autre bord, des pennes encore en place munies de pinnules nettement reconnaissables pour des pinnules de *Weichselia*.

On trouve, en outre, à Piñonate des axes beaucoup plus gros, larges de 2^{cm} à 5^{cm}, munis de côtes longitudinales, qui ont été décrits par M. Neumann sous le nom d'*Equisetites Peruanus*, mais qui ne montrent jamais, quelle que soit la longueur des tronçons observés, aucune trace d'articulation transversale comme on devrait en trouver sur des tiges d'Équisétinées.

On constate, d'autre part, en examinant avec attention les échantillons les mieux conservés, que les côtes dont ils sont ornés, au lieu d'être toutes semblables comme celles des Équisétinées, sont le plus souvent de largeur inégale, les unes fortes, les autres plus fines, alternant régulièrement. Sur certains échantillons, qui semblent avoir conservé leur épiderme, ces côtes deviennent parfois presque invisibles, et la surface se montre marquée seulement de très fines stries longitudinales qui paraissent correspondre à des files de cellules allongées et toutes semblables entre elles, qu'il s'agisse de côtes ou qu'il s'agisse de sillons, contrairement à ce qui a lieu en général sur les empreintes de tiges d'Équisétinées, où le réseau cellulaire n'offre pas cette uniformité. Sur d'autres fragments, qui semblent dépouillés de leur épiderme, on voit parfois certaines côtes manquer sur une longueur variable, comme si elles avaient été arrachées, et l'on est amené à penser que ces côtes correspondent en réalité à des cordons sous-épidermiques, tels que faisceaux libéroligneux ou plus probablement faisceaux de sclérenchyme, comme on en observe chez les *Myelopteris* ou chez les *Angiopteris* associés à des canaux gommeux. Enfin, sur un autre échantillon, j'ai observé, à un niveau un peu plus bas, de très fines stries parallèles, très rapprochées, qui semblent indiquer l'existence d'une série de faisceaux grêles, à peu près contigus, situés plus profondément.

Ces diverses particularités excluent évidemment l'attribution aux Équisétinées, et l'interprétation de ces sortes de tiges demeurerait incertaine si je n'avais constaté sur les fragments de rachis portant ou ayant porté les pennes feuillées de *Weichselia*, la présence de côtes rectilignes parallèles, absolument semblables à celles des axes dont je viens de parler, et ne différant que par leur saillie moins accusée et leur moindre espacement.

Tous ces axes costulés apparaissent ainsi comme étant de même nature, c'est-à-dire comme appartenant les uns et les autres au *Weichselia reticulata*,

et représentant seulement des rachis d'ordres différents. Il y avait, dès lors, à rechercher si les tronçons d'axes les plus larges n'offriraient pas des traces de ramification, et j'ai reconnu, en effet, sur quelques-uns d'entre eux, en les dégageant sur une plus grande longueur, des cicatrices ovales, disposées deux par deux à peu près à la même hauteur, assez rapprochées l'une de l'autre, marquées de fines dépressions ponctiformes, et dont les dimensions correspondent bien à celles des rachis portant les pennes feuillées.

Les frondes du *Weichselia reticulata* devaient donc être des frondes tripinnées, à pennes primaires subopposées, et l'*Equisetites Peruanus* ne représente autre chose que des tronçons de leurs rachis primaires. On ne peut, sans doute, d'après les empreintes que j'ai eues en mains, préciser définitivement les affinités de cette Fougère, mais la costulation des rachis de divers ordres, indiquant l'existence de faisceaux hypodermiques parallèles régulièrement répartis, donne à penser qu'il pourrait bien s'agir là d'une Marattiacée, et l'apparence coriace que semblent avoir eue les sores viendrait à l'appui de cette attribution. Des échantillons mieux conservés, permettant de se rendre un compte exact de la constitution de l'appareil fructificateur, pourraient seuls trancher la question, mais, à leur défaut, il m'a paru que les renseignements nouveaux fournis sur cette espèce par les récoltes de M. le Capitaine Berthon méritaient d'être signalés.

M. Carpentier présente à l'Académie un *appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré.* Cet appareil, dont la réalisation a eu comme point de départ les travaux de M. *George-F. Jaubert*, a été mis au point en Angleterre où l'Amirauté l'a adopté et l'a rendu réglementaire. L'existence de cet engin a déjà été signalée l'année dernière; mais c'est la première fois qu'en est montré en France un exemplaire muni d'ailleurs des derniers perfectionnements tout récents.

L'appareil se compose essentiellement de deux parties :

1° D'un vêtement à manche en tissu caoutchouté spécial tout à fait imperméable, descendant jusqu'à la ceinture autour de laquelle il se serre, et complété par un casque métallique très léger recouvert d'un tissu également caoutchouté;

2° D'un appareil purificateur d'air, garni d'oxylithe Jaubert, disposé à l'intérieur du vêtement sur la poitrine de l'homme qui en fait usage, et permettant à celui-ci de vivre pendant 1 heure dans l'enceinte confinée où il se trouve enfermé.

L'appareil constitue comme un scaphandre indépendant de toute source d'oxygène extérieure. Il donne à l'homme qui a été entraîné au fond de

l'eau, non seulement le moyen de respirer, mais encore de remonter à la surface, grâce au pouvoir ascensionnel de l'espèce de vessie qu'il constitue.

Un sous-marin étant muni de casques respiratoires en nombre au moins égal à celui des hommes, la manœuvre à exécuter en cas de sinistre est la suivante: A la première alerte, chaque homme revêt son casque (dans les sous-marins anglais, un aménagement spécial tend à assurer la possibilité de procéder à cette opération même dans les cas les plus foudroyants). Tout le monde étant équipé, on fait l'ouverture du capot et par cette issue chaque homme passe successivement pour gagner la surface de la mer. Là chaque homme peut surnager en attendant du secours. Afin de prolonger la flottaison, l'engin comporte un dispositif simple et efficace. Le vêtement est à double enveloppe et entre elles, grâce à un ajustage spécial, l'homme peut insuffler de l'air avec sa bouche et s'entourer d'une bouée de soutien. Les choses étant ainsi, il ouvre la fenêtre vitrée dont le casque est muni, et respire désormais à l'air libre sans avoir plus à utiliser le purificateur.

M. **Bouchard**, à propos de la présentation de M. *Carpentier*, prend la parole pour rappeler à l'Académie les travaux qu'effectuèrent jadis les Drs Desgrez et Balthazard sur la régénération de l'air confiné par le bioxyde de sodium. Plusieurs Notes insérées aux *Comptes rendus* (6 février 1899, 13 août 1900, 12 novembre 1900, 11 novembre 1901) témoignent des résultats que ces savants obtinrent alors, résultats qui les conduisirent à l'établissement d'un vêtement de scaphandrier, dont celui qui est en usage dans la marine anglaise paraît ne différer que par de simples détails.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre trois Membres choisis dans la Division des Sciences mathématiques et trois Membres choisis dans la Division des Sciences physiques.

MM. **Darboux**, **Lippmann**, **B. Baillaud**, pour les Sciences mathématiques; **Ph. van Tieghem**, **Armand Gautier**, **Edmond Perrier**, pour les Sciences physiques, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. A. **Mosso**, Correspondant de l'Académie, rappelle que la France peut disposer de deux places d'études sur le sommet du *Mont Rose* et dans les laboratoires du *Col d'Olen*, pour les recherches de Botanique, de Bactériologie, de Zoologie, de Physiologie, de Physique terrestre et de Météorologie.

Les demandes pour l'occupation des places doivent être adressées au Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

M. **Jean Pérez**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **Barbillion**, **Stéphane Javelle** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule 5, Tome I [*Malvacées* (fin), *Sterculiacées et Tiliacées*, par F. Gagnepain] de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. (Présenté par M. Mangin.)

2° *Pathologie et traitement du diabète sucré*, par M. F.-W. Pavy. (Présenté par M. Bouchard.)

ASTRONOMIE. — *Sur les apparences de la comète de Halley.* Note de MM. **Luizet** et **J. Guillaume**.

Du 13 décembre 1909 aux premiers jours de février 1910, la comète de Halley a conservé l'aspect d'une nébulosité sensiblement circulaire présentant une condensation centrale bien accusée; l'éclat de cette condensation a été noté, lors de la première observation, comme étant comparable à celui d'une étoile de 11e grandeur, et fin février on l'estimait de grandeur 8e, 9e.

Le 1er et le 3 mars, le diamètre de la nébulosité est d'environ 1′; le noyau paraît excentrique à l'intérieur de la chevelure qui montre un faible allongement dans l'angle de position 330°; avec un très faible grossissement, on entrevoit une queue, terminée en pointe, de 3′ à 4′ de longueur.

Le 8 mars, le noyau, dont l'éclat est estimé de 8e grandeur, est allongé dans le sens perpendiculaire à l'axe de la comète.

Le 23 avril, la comète, vue à l'œil nu, a une queue d'environ 1° de longueur, et l'éclat total de la tête est comparable à celui d'une étoile de 2e à 3e grandeur. La queue est évasée, son axe dirigé vers l'angle de position 337°, et le côté austral est plus brillant et plus long que le côté boréal. Le diamètre apparent du noyau est de 4″ environ. La comète s'éteint, dans l'éclairement de l'aurore, très peu avant l'étoile B.D. + 7°,5097 (8,1 minutes).

Le 27 avril, à l'œil nu, la comète a un éclat comparable à celui de γ Pégase (2,8 gr.); la queue, longue de 1°30′ environ, est rectiligne et présente deux nervures. La comète disparaît dans la lumière du jour 1 minute 30 secondes après l'étoile B.D. + 7°.5097 (8,1 minutes) et 5 minutes 30 secondes avant l'étoile B.D. + 7°,5101 (7,0 gr.). Le diamètre du noyau est d'environ 6″.

Le 30 avril, il semble y avoir, à l'avant du noyau, une projection de matière lumineuse qui se recourbe ensuite vers l'arrière; cette projection est plus abondante au Sud-Est; il en résulte que la branche australe de la queue est mieux marquée et plus longue que l'autre. A l'œil nu, la comète brille comme une étoile de 2e à 2,5 gr.; la queue rectiligne, orientée vers 358°, a environ 4° de longueur.

Les 1er et 2 mai, la comète a été vue dans des éclaircies; son aspect était peu différent de celui du 30 avril; toutefois, le 2, la chevelure semblait un peu plus brillante au Nord-Est, et le noyau était sensiblement circulaire.

Le 4 mai, la queue, orientée vers 350°, a une longueur de 10° et une largeur de 6′. L'éclat de la tête est intermédiaire entre celui de γ et α Pégase. Le noyau est circulaire; il s'en détache à l'avant trois aigrettes tournant leur concavité vers l'arrière de la comète, la plus australe étant la plus longue et la plus brillante.

Le 13 mai, la queue est rectiligne et visible sur une longueur de 41°; sa largeur à l'extrémité est de 2° à 3°, et son intensité est comparable à celle de la Voie lactée dans la région de l'Écu de Sobieski. Le diamètre de la tête est d'environ 12′ et celui du noyau de 6″. On remarque deux aigrettes recourbées tournant leur concavité vers la queue, l'aigrette australe est la plus longue et la plus intense.

Le 14 mai, la queue est plus longue que la veille (nuages). Du noyau, très aplati, partent deux aigrettes rectilignes dans une nébulosité qui est plus développée et plus brillante au Sud-Est qu'ailleurs.

Le 15 mai, à $14^h 15^m$ (t. m. Paris), la tête de la comète est encore sous l'horizon, mais la queue, tout à fait rectiligne, est visible jusqu'aux $\frac{2}{3}$ environ de la distance entre ε Pégase et θ Aigle, soit sur une longueur, comptée à partir du noyau, de 85° environ. Son bord Nord passe sur l'étoile θ Pégase, et sa largeur vers cette étoile est alors sensiblement la moitié de l'intervalle entre θ Pégase et α Verseau, soit 3° à 4°. La lueur du jour fait disparaître la queue à $14^h 55^m$. Le noyau a environ 10″ de diamètre; il en part deux aigrettes affectant la forme d'un papillon, leur concavité étant tournée vers le Soleil. L'aigrette australe est, comme les jours précédents,

plus longue et plus brillante que l'autre. Le noyau est aplati dans un sens perpendiculaire à celui du 14.

Le 21 mai, la Lune empêche de voir la queue de la comète. La tête est comparable à une étoile de première grandeur, vue au travers d'un voile de cirrus. Deux aigrettes à peu près rectilignes et sensiblement opposées l'une à l'autre, partent du noyau; celle du Sud-Est toujours plus marquée que l'autre.

Le 24 mai, la tête est aussi apparente qu'une étoile de grandeur 1,5 à 2; malgré la Lune, on voit une queue de 5° environ. Le noyau a un diamètre de 2″,5; il s'en détache deux aigrettes très simples, tournant leur concavité vers la queue de la comète; celle du Sud est la plus longue et la plus brillante.

Le 26 mai, la queue a une longueur d'environ 10° (nuages). Des projections lumineuses partent à l'avant du noyau, s'étalent dans un angle de 120° environ d'ouverture et donnent à l'avant de la tête l'aspect de la flamme d'un bec de gaz dit *papillon*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations sur le passage de la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Ébre (Espagne).* Note de MM. **P. Cirera** et **Ubach**, présentée par M. H. Deslandres.

L'Observatoire de l'Ébre, outillé pour les observations de Physique cosmique, a porté surtout son attention sur les phénomènes électriques et magnétiques.

L'ionisation atmosphérique est observé régulièrement tous les jours entre 10^h30^m et 11^h30^m du matin. On détermine le coefficient de dispersion électrique par l'appareil d'Elster et Geitel, et le nombre d'ions, leur vitesse relative et la conductibilité électrique par l'appareil de Gerdien, type primitif. 6 jours avant et 6 jours après le passage de la comète entre le Soleil et la Terre on a fait le soir une autre détermination du coefficient de dispersion. Le potentiel électrique de l'air a été enregistré continuellement, et l'on a déduit des courbes photographiques la valeur correspondant aux observations d'ionisation. Nous ne donnerons pas ici le Tableau complet des résultats, ce serait trop long; mais seulement les valeurs moyennes. Soient M la valeur moyenne des 13 jours (du 11 au 26 inclusivement, excepté les 16, 18 et 20, à cause de l'humidité), m_1 la moyenne des 6 jours avant et m_2 celle des 6 jours après le passage de la comète; a_+ et a_- les coefficients de dispersion positif et négatif. Nous avons :

	Conductibilité.	Mobilité.		Nombre d'ions.		$q = \frac{a_-}{a_+}$.		Potentiel $\frac{V}{m}$.	
						Matin.	Soir.	Matin.	Soir.
M.....	2,79	+1,18′	−1,17	+1250	−1090	1,00	1,14	106	105
m_1....	3,12	+1,23	−1,2	+1360	−1170	1,02	1,13	92	81
m_2....	3,40	+1,17	−1,2	+1030	−910	1,00	1,11	138	159
19 mai.	3,26	+0,9	−0,8	+1920	−1680	0,89	1,36	90	63

Le 19, à l'heure de l'observation, a fonctionné fréquemment l'enregistreur de tempêtes : pression barométrique 748^{mm}, température $18^{\circ},2$, humidité relative 70, ciel couvert et vent presque calme, l'air assez transparent.

On voit que les résultats obtenus le 19 sont assez extraordinaires : conductibilité forte, mobilité petite, et le nombre d'ions remarquable; c'est le maximum de la période considérée pour les deux signes. Le potentiel donné en valeurs absolues volts à 1^{m} du sol, accuse une valeur assez petite.

Les conditions atmosphériques ont été mauvaises en général pendant la période considérée. La pluie a été abondante le 18 (77^{mm}); le 19 nuageux, heures de soleil 4,5, et $1^{mm},3$ d'eau tombée. Il a plu encore les 21, 22, 23, 25, 26; de sorte qu'il faut remonter jusqu'aux années 1894-1895 pour trouver un mois de mai aussi pluvieux que celui de 1910. Mais il faut remarquer que cette période de pluie a commencé avant le passage de la comète. Les 13, 14 et 16 on a recueilli 25^{mm} d'eau.

Pour le magnétisme terrestre et courants telluriques on a enregistré une perturbation peu intense.

Elle a commencé le 18 à midi et a fini le 19 à $16^{h}45^{m}$ assez brusquement. Cependant on a encore enregistré quelques ondes très légères jusqu'à 21^{h}.

Le 18 on remarque trois périodes de perturbation : (*a*) de 12^{h} à 16^{h}, la composante H atteint le maximum de variation (65γ); (*b*) de 20^{h} à 21^{h} et (*c*) de $23^{h}30^{m}$ à 24^{h}. Dans cette période il faut remarquer les pulsations qui ont eu lieu à $23^{h}30^{m}$ et à $23^{h}45^{m}$ dans tous les éléments magnétiques et dans les deux courants telluriques.

Le 19 il y a quatre périodes de perturbation : (*a*) de $0^{h}45^{m}$ à $2^{h}30^{m}$, c'est le maximum pour D (— 45); (*b*) de $3^{h}30^{m}$ à $10^{h}30^{m}$; (*c*) de $10^{h}30^{m}$ à $12^{h}5^{m}$, pendant cette période, les cinq courbes, trois magnétiques et deux des courants telluriques, sont fortement dentelées; (*d*) de $16^{h}30^{m}$ à $16^{h}45^{m}$; dans cette courte période il y a eu une onde brusque dans les cinq courbes, c'est le maximum de perturbation pour Z; pour le courant tellurique NS la variation a été de 65 milliv : km; pour celui de WE de 7 milliv : km.

Entre ces périodes d'agitation, il en faut noter deux de calme presque absolu : le 18 de 21^{h} à $23^{h}30^{m}$ et le 19 de $2^{h}30^{m}$ à $3^{h}30^{m}$.

Dans cette perturbation, comme d'ordinaire, les mouvements sont plus forts dans les courants telluriques, surtout dans celui dirigé NS suivant le méridien magnétique : c'est ce qui facilite beaucoup l'étude des perturbations peu intenses.

Il peut se faire que le passage de la comète n'ait pas exercé quelque action sur la perturbation qui nous occupe; mais il nous semble prématuré de nous prononcer d'une manière définitive.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Halley*. Note de M. **J. Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

Le 31 mai dernier, pendant que je faisais une photographie de la comète de Halley, à l'équatorial double de 38^{cm} de l'Observatoire Fabra, je remarquai une bouffée très brillante à 1′ environ du noyau, et placée juste à l'opposé du Soleil. Le cliché (83 minutes de pose) montra une grande projection de gaz à 1 million de kilomètres environ du noyau.

Le 1er juin, le ciel était brumeux; cependant, je fis une photographie de 30 minutes de pose, qui révéla un rayon très vif sortant du noyau. Visuellement, à l'équatorial, la bouffée était invisible. Mais, le 2 juin, par un ciel très pur, je vis de nouveau la bouffée à peu près à la même distance du noyau et dans la même position que le 31 mai; elle était très brillante, et, ce qui est plus important encore, elle avait une condensation stellaire en son centre; autrement dit, le noyau était double. Du noyau principal au noyau secondaire, il y avait, le 2 juin, une distance de 40″, et son angle de position correspondait sensiblement à celui de la queue, à l'opposé du Soleil. La différence globale de grandeur des deux noyaux pourrait être de 3 magnitudes.

Enfin, les deux noyaux étaient liés par une traînée nébuleuse très visible où, dans les meilleurs instants, on croyait voir un alignement de très faibles points stellaires, dont l'existence toutefois n'est pas bien sûre, à cause de la grande difficulté de l'observation. Le cliché de ce jour (pose 90 minutes) montre, à part d'autres détails très intéressants, une longue aigrette sortant du noyau et suivant la ligne moyenne de la queue.

Le 4 juin, le noyau secondaire du 2 fut invisible, mais le noyau principal de la comète était accompagné d'un amas de quatre condensations secondaires s'éloignant rapidement : en 1 heure 50 minutes, la principale se déplaça sous nos yeux de 5″,9, dans l'angle de position de 123°23′, qui est celui même de la queue.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Halley*. Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une Note sur quelques changements survenus dans l'aspect de la comète de Halley. Le plus remar-

quable de ces changements, qui rappelle les phénomènes de désagrégation déjà constatés dans plusieurs comètes, a été observé le 2 juin dernier.

A cette date, la comète se montrait, dans l'équatorial de la tour de l'Est de $0^m,38$ d'ouverture, de l'Observatoire de Paris, nettement dédoublée. Les deux tronçons, comportant chacun une nébulosité à peu près ronde, avec, au centre, un noyau bien défini, ne se différenciaient que par l'éclat. Le plus faible, de 10e grandeur environ, passait après et au-dessus dans le champ de la lunette. Voici le résultat des mesures différentielles faites sur les deux noyaux :

Temps moyen de Paris.	Premier noyau-Deuxième noyau.	
$10^h 9^m 0^s$	$1^s,64$	$8^s,1$

Le mauvais temps ne permit pas de revoir la comète le lendemain. Les 4 et 5 juin des mesures de position purent être effectuées au travers des brumes et la comète nous apparut simple. En dépit du très mauvais état du ciel, nous croyons, par induction sur l'éclat relatif des deux tronçons, qu'il en est réellement ainsi, et que le tronçon le plus faible n'existe plus (dans le voisinage immédiat de la comète tout au moins).

Une autre particularité, moins récente, mais digne d'être signalée, est l'aspect stellaire pris rapidement ces jours-ci par le noyau. Avant son passage sur le Soleil, fin avril et commencement de mai, le noyau offrait une surface de forme sensiblement elliptique, mesurant de 4″ à 4″,5 de grand axe. Depuis le 24 mai, le noyau n'est plus qu'un point s'effaçant de jour en jour. Enfin, ajoutons que ni M. Chatelu, observant à l'équatorial de l'Ouest, ni moi, observant à l'équatorial de l'Est, qui mesurons la comète tous les soirs de beau temps depuis le mois d'octobre 1909, n'avons jamais perçu une trace de queue, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions atmosphériques de ces derniers mois à Paris.

ASTRONOMIE. — *Photographie de la comète de Halley.* Note de M. **Jean Mascart**, présentée par M. B. Baillaud.

Sous les auspices de l'Association internationale contre la Tuberculose, dont le Président est M. Léon Bourgeois, le Secrétaire général honoraire de cette Association, Professeur Pannwitz, a organisé une Mission scientifique dans l'île de Tenerife. Le programme de l'expédition était très large et comportait l'étude de toutes les radiations qui traversent l'atmosphère terrestre : bien entendu, la plus grande part des recherches dépendait d'un ordre physiologique, mais, comme l'occasion était favorable, on a bien voulu

nous demander de venir étudier la comète de Halley dans une station de montagne et rechercher si les conditions climatériques de l'île se prêteraient à des observations régulières, soit au point de vue météorologique, soit au point de vue physique et astronomique.

Sur la demande de M. le Commandant Guyou, le Bureau des Longitudes voulut bien nous prêter un pied équatorial sur lequel nous devions monter un instrument de $0^m,22$ visuel photographique, mis à notre disposition par la maison Mailhat; MM. de la Baume-Pluvinel, Jobin et Viennet nous avaient prêté le nécessaire pour faire de la spectroscopie photographique; un amateur éclairé, M. le Comte Boselli, nous avait confié un réfracto-réflecteur de $0^m,135$; enfin, grâce à M. Quénisset, nous pûmes encore faire des photographies de la queue avec un objectif à portraits de 34° de champ.

Nous avions établi un campement sur le mont Guajara, à 2715^m d'altitude, sommet le plus élevé du massif après le Pico de Teide, sur l'emplacement même où Piazzi Smith vint faire ses remarquables études spectroscopiques en 1858. Le lieu est particulièrement favorable : placé au-dessus des nuages normaux de l'île, on a partout à sa disposition l'horizon de la mer, sauf un peu au NE vers le pic principal; on voit le Soleil de son lever à son coucher; il est fort rare que les cirrus viennent entraver les observations, soit le jour, soit la nuit. Durant deux mois, par exemple, les nuages nous ont caché le ciel *une seule fois;* le vent, il est vrai, nous a empêchés plusieurs fois d'utiliser les instruments en plein air.

Mais, d'autre part, le régime météorologique est très loin de celui dont les ouvrages classiques nous donnent la description : la sécheresse extrême entraîne des exigences, et le nombre des travaux qui pourraient être utilement tentés en ce point est tel que nous en ferons l'exposé ailleurs. Comme observations astronomiques, nous avons fait des observations de très belles lueurs zodiacales, des dessins de la surface de Jupiter, des dessins de la tête de la comète, des photographies de la tête et de la queue : nous rapportons environ 70 photographies utilisables. Pour les mesures visuelles de la longueur de la queue, nous avons noté 110° le 16 mai; pendant plusieurs jours, l'éclat *apparent* fut supérieur à celui de Vénus.

Par suite de circonstances indépendantes de notre volonté, nous n'avons pu utiliser le spectroscope et notre équatorial a dû rester avec une orientation défectueuse, d'où il résulte que, sur les photographies, les traces des étoiles sont circulaires au lieu d'être rectilignes : ce point est négligeable pour les photographies de la tête et, en tout cas, l'erreur de second ordre correspondante n'empêche pas l'utilisation scientifique de nos documents.

Nous allons nous borner ici aux observations effectuées dans la nuit du 18 au 19 mai, nuit du passage dans la queue.

$8^h 10^m$ (temps local). Lumière zodiacale faible, jusqu'à 40° environ.

La Lune a une couronne peu prononcée qu'elle va conserver toute la nuit.

$9^h 20^m$. Lumière zodiacale, 30° de hauteur environ.

$10^h 37^m$. La lumière zodiacale disparaît.

$12^h 47^m$. La scintillation des étoiles a beaucoup diminué.

3^h. La Lune est couchée; nuit splendide, voie lactée très distincte. Lumière zodiacale *étonnante*, inclinée à 58° sur l'horizon (elle est rarement aussi inclinée) montant jusqu'au zénith. Nuit complètement calme. Deux météores lumineux, les premiers de la nuit : l'un tombant vers l'Est, l'autre sillonnant le ciel du Sud au Nord; depuis quelques jours il paraît y avoir une diminution dans le nombre des étoiles filantes.

$3^h 37^m$. La même lumière zodiacale *très* intense : largeur en bas, à l'horizon, 10°; 11° à 12° lors de la plus grande largeur, vers 20° au-dessus de l'horizon.

$3^h 49^m$. L'Est commence à blanchir : la lumière zodiacale est peut-être encore devenue plus distincte.

$4^h 20^m$. La lumière zodiacale disparaît dans le crépuscule. On voit encore tomber un météore vers l'Ouest.

Les phénomènes du crépuscule ne présentent rien d'anormal. La *marche* de la température (courbe d'enregistreur) tout aussi peu : la nuit a été moins froide que les précédentes, minimum +3°,5 contre 1° à 2° habituels.

En bas, à Orotava, ciel demi nuageux : rien de particulier au ciel.

Toujours sur le mont Quajara, état du vent dans l'échelle de 12° : $9^h 20^m$, W 2 à 3; $10^h 40^m$, W 2 à 3; $11^h 40^m$, SW 2; $12^h 50^m$, N 1; $1^h 50^m$, 2^h, S 2 à 3; SW 3; $3^h 10$, 0.

Somme toute, à part une *très belle* lumière zodiacale du matin, il ne s'est produit aucun phénomène spécial.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Valeurs singulières d'une équation de Fredholm.* Note de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

I. Soit $H(x, y)$ une fonction bornée et intégrable, et considérons les deux équations intégrales associées

$$\varphi(x) - \lambda \int H(x, y)\varphi(y)\,dy = 0, \tag{1}$$

$$\psi(x) - \lambda \int H(y, x)\psi(y)\,dy = 0. \tag{2}$$

Je supposerai que toutes les valeurs singulières sont réelles et pôles simples pour la résolvante de Fredholm.

On pourra alors [1] déterminer un système biorthogonal de fonctions fondamentales correspondant aux valeurs singulières $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$:

$$\begin{matrix} \varphi_1, & \varphi_2, & \ldots, & \varphi_n, & \ldots, \\ \psi_1, & \psi_2, & \ldots, & \psi_n, & \ldots, \end{matrix} \qquad \int \varphi_p(x)\psi_q(x)\,dx \begin{cases} = 0, & p \neq q, \\ \neq 0, & p = q, \end{cases}$$

[1] Cf. Goursat, *Annales de Toulouse*, 1908, p. 78.

les φ étant solutions de (1), les ψ de (2). Considérons alors la fonction

$$K(x, y) = \sum \frac{\psi_p(x)\psi_p(y)}{\mu_p},$$

les μ étant des constantes positives assujetties à la seule condition que la série converge uniformément. Or, on aura

$$G(x, y) = \int K(x, z) H(z, y)\, dz = \sum \frac{\psi_p(x)\psi_p(y)}{\mu_p \lambda_p}$$

et

$$\int K(x, z)\varphi_p(z)\, dz = \frac{\psi_p(x)\int \varphi_p(z)\psi_p(z)\, dz}{\mu_p} \not\equiv 0.$$

Donc on peut *d'une infinité de manières trouver une fonction* $K(x, y)$, *symétrique, définie, telle que* $G(x, y)$ *soit symétrique et qu'aucune solution de* (1) *ne soit orthogonale à* $K(x, y)$.

Ce résultat, rapproché de ceux de ma Note [1] du 25 avril, montre que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation intégrale n'ait que des pôles réels et simples est l'existence d'une pareille fonction $K(x, y)$.

La méthode de Schwarz [qu'on peut appliquer si l'on connaît directement une fonction $K(x, y)$] donne une valeur singulière ; or, soit λ_1 cette valeur singulière; on peut lui faire correspondre un système biorthogonal *normé* de fonctions fondamentales et écrire

$$H(x, y) = \frac{1}{\lambda_1}\sum_1^{n_1} \varphi_p(x)\psi_p(y) + R(x, y),$$

le premier terme du second membre étant le *noyau principal* $h_1(x, y)$ correspondant à λ_1. On aura, $H_n(x, y)$ étant le $n^{\text{ième}}$ noyau itéré,

$$H_n(x, y) = \frac{1}{\lambda_1^n}\sum_1^{n_1} \varphi_p(x)\psi_p(y) + R_n(x, y)$$

---

(1) Le procédé par lequel j'avais cru pouvoir me passer de l'hypothèse $K(x, y)$ définie est inexact ; il faut supprimer les trois lignes où il est question de $G'(x, y)$ et les sept dernières lignes. J'indiquerai ici un autre exemple :

3° $$H(x, y) = \int A(x, z) R(z, y)\, dz,$$

$A(x, y)$ étant symétrique; $R(x, y)$, comme dans les précédents exemples, symétrique et définie. On peut prendre

$$K(x, y) = R(x, y).$$

et l'on voit que

$$\lambda_1^n \int K(x, z) H_n(z, y)\, dz = \sum_1^{n_1} \psi_p(y) \int K(x, z) \varphi_p(z)\, dz + \lambda_1^n \int K(x, z) R_n(z, y)\, dz;$$

on en déduit (¹) que le dernier terme tend uniformément vers zéro quand n augmente indéfiniment, ce qui montre que la limite du premier membre est

$$x_1 \int K(x, z) h_1(z, y)\, dz,$$

et aussi que λ_1 est la plus petite valeur singulière. Il suffit alors d'appliquer de nouveau la méthode à $R(x, y)$; les constantes qui y figurent s'expriment en fonction des constantes relatives à H, et l'on peut ainsi successivement calculer toutes les valeurs. On trouve (²)

$$\lambda_{p+1} = \lim_{n=\infty} \frac{U_{n+1} - \frac{K_1}{\lambda_1^{n+1}} - \ldots - \frac{K_p}{\lambda_p^{n+1}}}{U_n - \frac{K_1}{\lambda_1^n} - \ldots - \frac{K_p}{\lambda_p^n}}$$

avec

$$K_p = \lim_{n=\infty} \left(U_n - \frac{K_1}{\lambda_1^n} - \ldots - \frac{K_{p-1}}{\lambda_{p-1}^n} \right) \lambda_p^n.$$

II. Reprenons l'équation (1) avec, sur les valeurs singulières, des hypothèses moins restrictives [elles peuvent être réelles ou imaginaires; $H(x, y)$ lui-même peut être égal à $P(x, y) + iQ(x, y)$]; supposons le noyau mis sous la forme

$$H(x, y) = \sum_{k=1}^{n} \frac{[u_k(x) + i v_k(x)][u_k(y) - i v_k(y)]}{\lambda_k} + R(x, y),$$

$u_p(x) + i v_p(x)$ étant une solution singulière correspondant à λ_p pour le noyau

$$H(x, y) - \sum_{k=1}^{p-1} \frac{[u_k(x) + i v_k(x)][u_k(y) - i v_k(y)]}{\lambda_k}$$

(¹) Je suppose, pour plus de simplicité, que $H(x, y)$ désigne le premier noyau itéré.

(²) Dans le cas du noyau symétrique, ces formules ne diffèrent pas de celles que Kneser (*Palermo Rendiconti*, t. XXII, 1906) établit par des considérations empruntées à la théorie des fonctions.

choisie de telle sorte que

$$\int [u_p^2(x) + v_p^2(x)]\, dx = 1.$$

On aura alors

$$\int |\mathrm{B}(x, y)|^2 d(x, y) = \int |\mathrm{H}(x, y)|^2 d(x, y) - \sum \frac{1}{|\lambda_p|^2}.$$

En considérant des combinaisons linéaires des fonctions $u_p(x) + i v_p(x)$, on montre aisément que les λ ne sont autres que des valeurs singulières pour (1) et, comme je le montrerai ultérieurement, on peut déduire de là un certain nombre de propriétés des fonctions principales (Goursat).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le classement d'un système de Tableaux équivalents entre eux.* Note de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je me propose de montrer comment on peut classer un système de Tableaux équivalents entre eux et par suite équivalents à l'un d'eux A. Suivant une notation de Ch. Hermite, j'appellerai *réduit principal* [1] tout Tableau

$$\mathrm{T} = \begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix},$$

équivalent à A et satisfaisant aux inégalités

$$(1) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad -1 < \frac{\alpha'}{\beta'} < 0.$$

Dans la Note citée, j'ai montré comment on pouvait ranger ces Tableaux en une suite. Étant donnés alors deux Tableaux réduits principaux successifs, T_n et T_{n+1}, liés par une égalité de la forme

$$\mathrm{T}_n = \begin{matrix} p & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times \mathrm{T}_{n+1},$$

dans le cas où p est supérieur à 1, j'appellerai conformément à une nota-

---

[1] Ce sont les Tableaux que j'avais appelés simplement *réduits* dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 28 juin 1909).

tion de Serret *réduit intermédiaire* un Tableau T_{n+1}^{k} défini par l'égalité

$$T_n = \begin{matrix} 1 & k \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T_{n+1}^{k} \qquad (k < p),$$

ou l'égalité équivalente

$$T_{n+1}^{k} = \begin{matrix} p-k & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T_{n+1}.$$

Ses termes vérifient le système d'inégalités

$$(2) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad \frac{\alpha'}{\beta'} < -1.$$

En intercalant les nouveaux Tableaux dans la suite déjà définie, on obtient ce qu'on peut appeler la *suite complète* des réduites. Deux Tableaux consécutifs T et T′ de cette suite sont liés par une des égalités

$$T = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T' \qquad \text{ou} \qquad T = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T',$$

suivant que T′ est intermédiaire ou principal.

Dans l'un ou l'autre cas, ils ont toujours une ligne commune, et je désignerai par *semi-réduit* le Tableau formé par les deux lignes non communes. Les termes d'un tel Tableau vérifient le système d'inégalités

$$(3) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad 0 < \frac{\alpha'}{\beta'} < 1,$$

et il est lié au Tableau réduit suivant par l'une des égalités

$$\Theta = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T' \qquad \text{ou} \qquad \Theta = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T',$$

suivant que T′ est intermédiaire ou principal.

Enfin, de chaque Tableau semi-réduit Θ, on peut déduire une suite de Tableaux non réduits U_n par l'égalité

$$U_n = \begin{matrix} 1 & n \\ 0 & 1 \end{matrix} \times \Theta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}^{n} \times \Theta,$$

n prenant toutes les valeurs entières positives successives. De chaque U_n ou de Θ, on peut déduire une nouvelle suite $U_{n,p}$ ou $U_{0,p}$ par l'égalité

$$U_{n,p} = \begin{matrix} p & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times U_n = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}^{p-1} \times U_n.$$

et ainsi de suite. Les termes de tout Tableau U ainsi obtenu vérifient le système d'inégalités

$$(4) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad \frac{\alpha'}{\beta'} > 1.$$

II. On vérifie aisément que tous les Tableaux T, Θ, U ainsi obtenus sont tous différents, équivalents à A et par suite équivalents entre eux.

Réciproquement, étant donné un Tableau équivalent à A, en le multipliant au besoin à gauche par l'un des Tableaux

$$\begin{matrix} \pm 1 & 0 \\ 0 & \pm 1 \end{matrix}, \qquad \begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix},$$

on peut amener les termes de sa première colonne à vérifier les inégalités

$$\alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1.$$

Il appartient alors à l'une des classes précédemment définies, suivant que ses termes satisfont aux inégalités (1), (2), (3) ou (4).

III. Ce classement des Tableaux équivalents à A n'est pas purement arbitraire. J'ai signalé précédemment des propriétés des *réduites principales* (*loc. cit.*); on peut de même indiquer des propriétés de la *suite complète des réduites*. Si l'on considère la *suite des formes indéfinies réduites* (par la méthode d'Hermite) $(\alpha x + \beta y)(\alpha' x + \beta' y)$ équivalentes à une forme $(ax + by)(a'x + b'y)$, la *suite des Tableaux*

$$\begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix}$$

est la suite complète des réduites équivalentes à

$$A = \begin{matrix} a & a' \\ b & b' \end{matrix},$$

à la condition d'y intercaler, s'il y a lieu, certains Tableaux semi-réduits. Il n'y aura jamais lieu de faire cette addition qu'entre deux réduites principales consécutives, et seulement lorsque la ligne commune aux deux réduites ne donne pas un minimum de la forme $\frac{1}{\lambda}\xi^2 + \lambda\eta^2$.

IV. Dans le cas où $\frac{a}{b}$, $\frac{a'}{b'}$ sont des irrationnelles conjuguées réelles du second degré, tous les Tableaux équivalents à A peuvent être obtenus à

partir d'un nombre fini de Tableaux réduits et des Tableaux semi-réduits et non réduits qu'on en déduit en multipliant tous les termes de la première colonne et en divisant les termes de la seconde par λ^n, n prenant toutes les valeurs entières positives ou négatives et λ étant une unité du corps quadratique contenant $\frac{a}{b}$, $\frac{a'}{b'}$. La formation de la suite des réduites constitue, par conséquent, une méthode de calcul de ces unités. Dans le cas particulier

$$\frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \qquad \frac{a}{b} = \frac{1-\sqrt{5}}{2},$$

il n'y a pas de réduites intermédiaires, et tous les Tableaux équivalents sont obtenus à partir d'un seul Tableau réduit principal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés des lignes cantoriennes.* Note de M. **L. Zoretti**, présentée par M. Appell.

Je me propose dans un prochain Mémoire de tirer de la définition cantorienne de ligne une théorie aussi complète et aussi géométrique que possible. Je rattache cette définition aux postulats de la Géométrie et parviens ainsi à des définitions et des propriétés précises relativement aux lignes fermées, aux tangentes, etc. J'indique dès aujourd'hui quelques-uns des résultats que j'ai ainsi obtenus.

C'est la notion de ligne irréductible (¹) qui joue dans cette étude le rôle le plus important. Il est donc bon de démontrer d'abord que, étant donnés deux points a et b d'un ensemble continu quelconque, on peut trouver une portion de l'ensemble qui soit entre a et b un continu irréductible (²).

L'importance des ensembles continus irréductibles (plus généraux, remarquons-le, que les lignes simples de M. Jordan) tient à ce qu'on peut sur un tel ensemble définir un ordre de succession des points, parler de *l'arc* qui joint deux points. C'est l'ensemble continu irréductible qui me paraît le plus conforme à la notion vulgaire de ligne.

J'appelle ligne simple *fermée* l'ensemble de deux continus irréductibles entre deux points a et b n'ayant que ces seuls points en commun; et je démontre qu'un tel en-

(¹) Voir mon Mémoire *Sur la notion de ligne* (*Annales de l'École Normale*, 1909).
(²) S. Janiszewski, *Comptes rendus*, t. CL, p. 606.

semble divise le plan en deux régions connexes dont il constitue la frontière. La réciproque a déjà été démontrée dans mon Mémoire cité plus haut.

Voici maintenant ce que j'appelle *tangente en un point m* d'un continu irréductible. Soit p un point de l'ensemble. Joignons m aux différents points de l'arc mp, et considérons l'ensemble des coefficients angulaires de toutes ces droites. Ajoutons à cet ensemble son dérivé. L'ensemble obtenu a, quand p tend vers m sur l'arc pm, un ensemble *continu* limite. Toute droite passant par m et dont le coefficient angulaire est un nombre de cet ensemble, est dite *tangente à l'ensemble.*

Les différents cas suivants sont possibles. En un point il y a soit une, soit deux tangentes, soit un, soit deux angles dont toutes les droites sont tangentes.

J'ai démontré que ces deux derniers cas se présentent certainement quand l'ensemble n'est pas ce que j'ai appelé un *ensemble complètement fermé.* Donc, au contraire, si une ligne a en tous points deux tangentes au plus, c'est un ensemble complètement fermé et par conséquent une ligne de M. Jordan.

II. Je termine cette Note en indiquant la possibilité d'étendre à l'espace les définitions cantoriennes, et de distinguer ainsi les lignes, les surfaces, les volumes. J'y parviens en transformant la définition de M. Cantor d'après le théorème suivant : *Pour qu'un continu plan soit linéaire, il faut et il suffit qu'en tous ses points on puisse trouver une droite au moins qui n'ait pas avec l'ensemble tout un segment commun.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation du théorème de S. Lie.* Note [1] de M. **Saltykow**, présentée par M. P. Appell.

Le théorème de S. Lie [2] s'étend de la manière suivante aux équations partielles contenant explicitement la fonction inconnue :

Soit le système normal de q équations partielles

$$(1) \qquad f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = z_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

[1] Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

[2] Ce théorème, intimement lié au problème de S. Lie, est formulé par S. Lie dans les *Mathematische Annalen*, t. XI, p. 469. Une démonstration élémentaire de ce théorème résulte de mes recherches publiées en 1903 et 1905 (*Comptes rendus*, 24 août 1903, et *Communications de la Société mathém. de Kharkow*, 1905). M. W. Stekloff leur a apporté un complément en changeant aussi l'énoncé de S. Lie du théorème considéré. Or tous ces résultats sont équivalents, au point de vue de la théorie des équations partielles. En effet, toutes les démonstrations du théorème dont il

résolubles par rapport aux variables $p_1, p_2, \ldots, p_q$, *le système linéaire correspondant*

$$(2) \qquad (f_i, f) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q).$$

admettant $n + \rho$ (¹) *intégrales distinctes*

$$(3) \qquad f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_q, \quad f_{q+1}, \quad \ldots, \quad f_{n+\rho}.$$

Si l'expression

$$dz = \sum_{s=1}^{n} p_s \, dx_s$$

---

s'agit reviennent au calcul des parenthèses de Poisson formées par les intégrales données et les nouvelles fonctions. M. W. Stekloff se borne, dans l'énoncé du théorème, à l'indication seulement des valeurs de ces dernières parenthèses. Quant à S. Lie et moi, nous formulons le résultat qui en déroule immédiatement, sans appliquer du reste aucun nouveau calcul. Par conséquent, je ne suis pas d'accord avec M. C. Russyan (*Comptes rendus*, 10 janvier 1910), attribuant à M. W. Stekloff le théorème de S. Lie et m'objectant que leurs résultats n'étaient pas identiques. Encore faut-il remarquer que M. C. Russyan avait cité non le théorème de S. Lie, mais son lemme 2 (*Math. Ann.*, t. XI, p. 466-467, Satz 2) pour réfuter mon affirmation.

S. Lie considérait son théorème comme généralisation des résultats obtenus par Jacobi (voir *Math. An.*, t. XI, § 2, n° 3, p. 470-471). Il va sans dire que les conditions de S. Lie sont plus générales que celles du théorème classique de Jacobi. Or les intégrales résultant de ces deux théorèmes sont essentiellement distinctes, le théorème de Jacobi définissant un système complet d'intégrales sous forme canonique. Cependant les intégrales définies par le théorème de S. Lie, vérifiant les conditions sous forme plus géuérale, sont dépourvues des propriétés canoniques. Or cela ne veut pas dire qu'il n'existe point d'intégrales jouissant de pareilles propriétés. S. Lie avait bien noté cette circonstance, en complétant son théorème par des considérations concernant l'existence d'un groupe canonique engendré par les intégrales du théorème en question (*Math. An.*, t. XI, p. 469, 470, Satz 4, Satz 5). J'insiste donc que le nom de S. Lie convient le mieux au théorème en question, d'autant plus qu'il existe un autre théorème présentant une généralisation immédiate du théorème classique de Jacobi (*voir* mes Notes, *Comptes rendus*, 23 et 30 janvier, 24 juillet 1899; *Journal de Mathématiques*, 1899, p. 435 : *Mémoire sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre;* et les *Communications de la Soc. math. de Kharkow*, 1905). En effet, les intégrales qui en résultent forment un système canonique, et le résultat de Jacobi (*Vorlesungen über Dynamik*, 35. Vorlesung) s'ensuit comme cas particulier, quand le nombre d'équations partielles devient égal à 1. Aussi ai-je démontré que ce *théorème généralisé de Jacobi* suffit, à lui seul, pour résoudre les problèmes fondamentaux de la théorie moderne des équations partielles (*Comptes rendus*, 30 août et 13 septembre 1909).

(¹) S. Lie désigne par la lettre r le nombre $n + \rho$ des intégrales connues.

devient une équation aux différentielles totales, moyennant les équations

$$(4) \qquad f_k = \alpha_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, q, q+1, \ldots, n+\rho),$$

$\alpha_{q+1}, \alpha_{q+2}, \ldots, \alpha_{n+\rho}$ *désignant* $n+\rho-q$ *constantes arbitraires, l'intégration des équations* (1) *et* (2) *s'achève par l'intégration de cette équation aux différentielles totales et par des opérations de différentiation et d'élimination.*

Soit l'intégrale de cette dernière équation

$$(5) \qquad f_{n+\rho+1} = \alpha_{n+\rho+1},$$

$\alpha_{n+\rho+1}$ étant une constante arbitraire. Supposons que les équations (4) et (5) donnent

$$z = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{n+\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}),$$
$$x_{n-\rho-r} = \varphi_r(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}) \qquad (r = 1, 2, \ldots, \rho),$$
$$p_s = \psi_s(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}) \qquad (s = 1, 2, \ldots, n).$$

Cela posé, la démonstration de notre théorème résulte évidemment des mêmes considérations dont je me suis servi pour résoudre le problème de S. Lie (*Comptes rendus*, 13 septembre 1909), car le *théorème généralisé de Jacobi* s'étend aux équations de la forme (1) (voir *Recherches sur la théorie*..., p. 175-177).

Or le but de cette Note est d'établir de nouvelles formules présentant la généralisation de celles que j'ai données en 1903 (*Comptes rendus*, 23 août).

Posons donc

$$S = \varphi - \sum_{r=1}^{\rho} p_{n-\rho+r}\varphi_r,$$

la dérivée $\frac{\partial S}{\partial x_{n-\rho+1}}$ étant distincte de zéro; pour qu'il en soit ainsi, il suffit, par exemple, d'introduire, au lieu des constantes arbitraires $\alpha_{q+1}, \alpha_{q+2}, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}$, les valeurs initiales des variables $z, x_{n-\rho+1}, x_{n-\rho+2}, \ldots, x_n, p_{q+1}, p_{q+2}, \ldots, p_n$. Cela étant, *les rapports*

$$(6) \qquad \left(\frac{\dfrac{\partial S}{\partial x_{q+k}}}{\dfrac{\partial S}{\partial x_{n+\rho+1}}}\right) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n+\rho-q)$$

représentent $n+\rho-q$ *intégrales du système* (2), *les parenthèses désignant le résultat d'élimination des constantes* α, *moyennant les équations* (4); *parmi ces dernières intégrales il existe* $n-q-\rho$ *intégrales formant avec les fonctions* (3) *et* $f_{n+\rho+1}$ *un système complet de* $2n-q+1$ *intégrales distinctes du système* (2).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une série de solutions des équations de l'élasticité de Lamé dans un milieu homogène et isotrope.* Note de M. E. **Barré**, présentée par M. Appell.

Nous nous proposons dans la présente Note d'indiquer sommairement la méthode que nous avons suivie pour rechercher systématiquement toutes les solutions des équations de Lamé,

$$(1)\qquad \Delta_2 u + \xi\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0,\qquad \Delta_2 v + \xi\frac{\partial\theta}{\partial y} = 0,\qquad \Delta_2 w + \xi\frac{\partial\theta}{\partial z} = 0,$$

qui sont de la forme suivante où les X sont des fonctions de x seul, etc. :

$$(2)\qquad u = X_1 Y_1 Z_1,\qquad v = X_2 Y_2 Z_2,\qquad w = X_3 Y_3 Z_3.$$

Les limites restreintes d'une Note ne nous permettraient pas de développer ici toutes les solutions de cette question ; aussi nous bornerons-nous à en indiquer quelques-unes afin d'illustrer l'exposé de la méthode suivie. Les équations (1) deviennent :

$$(\mathrm{I})\qquad \begin{cases} (1)\quad A_1 X_1'' + B_1 X_1 + C_1 X_2' + D_1 X_3' = 0, \\ (2)\quad A_2 X_2'' + B_2 X_2 + C_2 X_1' + D_2 X_3' = 0, \\ (3)\quad A_3 X_3'' + B_3 X_3 + C_3 X_1' + D_3 X_2' = 0, \end{cases}$$

avec

$$(\mathrm{II})\qquad \begin{cases} A_1 = (1+\xi) Y_1 Z_1, & B_1 = Y_1'' Z_1 + Y_1 Z_1'', & C_1 = \xi Y_2 Z_2, & D_1 = \xi Y_3 Z_3, \\ A_2 = Y_2 Z_2, & B_2 = Y_2 Z_2'' (1+\xi) + Y_2 Z_2'', & C_2 = \xi Y_1' Z_1, & D_2 = \xi Y_3' Z_3, \\ A_3 = Y_3 Z_3, & B_3 = Y_3 Z_3'' (1+\xi) + Y_3 Z_3'', & C_3 = \xi Y_1' Z_1, & D_3 = \xi Y_2' Z_2. \end{cases}$$

L'étude de la question met en évidence la nécessité d'étudier séparément le cas où ξ est nul, égal à -1 ou infini (ces cas correspondent aux relations $\lambda + \mu = 0$, $\lambda + 2\mu = 0$, $\mu = 0$ entre les coefficients de Lamé). Nous y reviendrons ultérieurement : observons toutefois que bien des solutions trouvées pour le cas général conviennent encore dans les cas spéciaux. La méthode employée qui repose sur une proposition d'analyse, d'ailleurs connue, est la suivante : nous rechercherons toutes les solutions de l'équation (I, 1), et nous exprimerons qu'elles satisfont aux équations (I, 2) et (I, 3). Pour cela nous écrirons d'abord que les fontions X_1'', X_1, X_2', X_3' qui figurent d'une façon linéaire et homogène dans (I, 1) sont liées par trois, deux ou une relation linéaire à coefficients constants, puis au moyen de ces relations nous exprimerons trois, deux ou une de ces fonctions par rapport aux autres et nous substituerons dans (I, 1). Nous écrirons ensuite que les coefficients des seules

fonctions X restant alors dans (I, 1) sont nuls. Les relations obtenues sont linéaires par rapport à A_1, B_1, C_1, D_1, c'est-à-dire sont, par rapport aux Y ou aux Z qui y figurent, de la même forme que (I, 1) par rapport à X''_1, etc. On les traitera de même. Puis tenant compte des résultats obtenus pour transformer (I, 2) et (I, 3), on sera conduit à traiter ces équations transformées d'une façon analogue, quand la solution n'apparaîtra pas immédiatement. Pour passer en revue toutes les solutions possibles, il restera à envisager :

1° Le cas où l'on suppose nulles ensemble les quatre fonctions X_1, X''_1, X'_2, X'_3. Mais alors la fonction u est nulle;

2° Le cas où l'on a $A_1 = B_1 = C_1 = D_1 = 0$ sans autre condition pour satisfaire à l'équation (I, 1). Mais alors u est encore nulle.

On met ainsi en évidence la nécessité d'étudier à part le cas où l'une des trois fonctions u, v, w est nulle. On est ainsi conduit à étudier les séries suivantes :

I. Solutions correspondant au cas où l'une des fonctions u, v, w est nulle, par exemple w. Il y a intérêt, comme nous le faisons d'ailleurs, à étudier les solutions plus générales caractérisées par la condition $w = \varphi(z)$.

II. Solution correspondant au cas où le produit $X'_1 Y'_2 Z'_3$ est nul.

III. Solutions correspondant au cas où $X''_1 Y''_2 Z''_3$ est nul.

IV. Solutions correspondant au cas où X_1, X'_2, X'_3 s'expriment d'une façon linéaire et homogène par rapport à X''_1.

V. Cas où les fonctions X''_1, X_1, X_2 et X'_3 sont liées par deux relations linéaires et homogènes.

VI. Cas où les fonctions X''_1, X_1, X_2 et X'_3 sont liées par une seule relation linéaire et homogène. Il faut remarquer qu'on est conduit à démontrer que cette hypothèse ne mène à aucune solution ne rentrant pas dans l'un des types précédents.

Quelques types de solutions :

$$\begin{aligned} u &= 0 \\ v &= (a \operatorname{ch}\omega x + \alpha \operatorname{sh}\omega x)(b \cos\omega z + \beta \sin\omega z) \\ w &= cz + d \\ \theta &= c \end{aligned} \qquad \begin{aligned} u &= (Ay + \alpha)(Cz + D), \\ v &= (Ex + F)(Gz + H), \\ w &= Rz + S, \\ \theta &= R \end{aligned}$$

(comprend la torsion simple);

$$\begin{aligned} u &= (Ax + \alpha)(Cz + \gamma), \\ v &= (By + \beta)(Cz + \delta), \\ w &= -\frac{C(A+B)}{2(\xi+1)}\xi z^2 + Dz + E, \\ \theta &= \frac{(A+B)Cz}{1+\xi} + (A+B)\gamma + D \end{aligned}$$

(comprend l'extension simple pour $C = 0$);

$$u = \omega_2(a\,\mathrm{ch}\,\omega_1 x + \alpha\,\mathrm{sh}\,\omega_1 x)(b\sin\omega_2 y - \beta\cos\omega_2 y)(C\cos\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z + \gamma\sin\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z),$$
$$v = \omega_1(a\,\mathrm{sh}\,\omega_1 x + \alpha_1\,\mathrm{ch}\,\omega_1 x)(b\cos\omega_2 y + \beta\sin\omega_2 y)(C\cos\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z + \gamma\sin\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z),$$
$$w = Cz + D, \qquad \theta = C;$$

$$u = (b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)\left[KC_1\cos\omega z + K\gamma_1\sin\omega z - \frac{\mu_3\omega\xi z}{2}(c_3\cos\omega z + \gamma_3\sin\omega z)\right],$$
$$v = \omega\left[\omega^2\xi\left(\mu_3\frac{x^3}{6} + \nu_3\frac{x^2}{2}\right) + a_2 x + \alpha_2\right]$$
$$\times(b_2\,\mathrm{ch}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{sh}\,\omega y)(c_3\sin\omega z - \gamma_3\cos\omega z),$$
$$w = \omega\left[\omega^2\xi\left(\mu_3\frac{x^3}{6} + \nu_3\frac{x^2}{2}\right) + (a_2 + \mu_3)x + \alpha_2 + \nu_3\right]$$
$$\times(b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)(c_3\cos\omega z + \gamma_3\sin\omega z),$$
$$\theta = -\omega^2(b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)(c_3\sin\omega z - \gamma_3\cos\omega z)(\mu_3 x + \nu_3);$$

$$u = (\beta x^2 + \gamma x + \delta)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z),$$
$$v = (2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{sh}\,\omega y + m\,\mathrm{ch}\,\omega y)\left[\alpha_2\cos\omega z + b_2\sin\omega z + \frac{z}{2}(a_1\sin\omega z - b_1\cos\omega z)\right],$$
$$w = (2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)\left[a_3\cos\omega z + b_3\sin\omega z + \frac{z}{2}(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z)\right],$$
$$\theta = -\frac{1}{\xi}(2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z),$$

avec les relations de condition

$$a_3 = b_1\left(\frac{3\xi + 2}{2\omega\xi}\right) + b_2, \qquad b_3 = -a_1\left(\frac{3\xi + 2}{2\omega\xi}\right) - a_2.$$

PHONOGRAPHIE. — *Sur un nouvel inscripteur du son.* Note de M. **Th. Rosset**, présentée par M. J. Violle.

Poursuivant depuis 5 ans des recherches de phonétique expérimentale, j'ai été amené à chercher un inscripteur des sons qui pût donner des vibrations sonores un graphique authentique, vérifiable et capable de reproduire le son inscrit.

Le phonographe seul possède cette propriété essentielle; il traduit les ondes sonores en courbes creusées dans l'épaisseur d'un cylindre de cire, et cette courbe peut reproduire le son. *Il a deux défauts:*

1° Il altère toujours le timbre; mais cette altération est en somme assez faible puisqu'on distingue toujours deux cylindres enregistrés par deux personnes et qu'on re-

connaît les divers cylindres enregistrés par une même personne. Il n'y a pas là de vice rédhibitoire.

2° On ne peut pas lire directement, à l'œil nu, à la loupe ni au microscope, la courbe gravée dans la cire; il faut la transcrire.

Comme MM. Herrmann de Leipzig et Scripture de Yale University, j'ai pu obtenir de très beaux graphiques, avec un dispositif optique de transcription.

Mais je me suis aperçu, à l'usage, que le même sillon phonographique donne parfois des transcriptions graphiques différentes. Cela tient sans doute à ce que le graphique est déterminé non seulement par la forme du sillon lui-même, mais aussi par la position de l'appareil transcripteur par rapport au sillon. Cet appareil peut suivre le fond du sillon, ou bien l'un des bords, ou passer de l'un à l'autre; il peut encore se présenter plus ou moins normalement à la génératrice du cylindre, etc., toutes conditions expérimentales qui ont une influence certaine, mais impossible à déterminer exactement, sans qu'on puisse être assuré de les réaliser identiques dans deux transcriptions successives.

Si même on parvenait à trouver un dispositif qui donnât d'un même sillon une transcription toujours identique, on ne saurait jamais si ce graphique est la copie fidèle, sans addition ni soustraction aucune, de la courbe phonographique; leur comparaison est impossible, puisque l'une est invisible, tandis que l'autre est muette.

Pour avoir un graphique authentique, la solution serait non pas de transcrire une courbe déjà creusée, mais d'inscrire les mouvements du saphir qui creuse cette courbe pendant qu'il la creuse. On aurait ainsi pour les mêmes mouvements du saphir deux courbes jumelles, dessinées en même temps par le même appareil, l'une dans la cire, sonore, l'autre sur un cylindre inscripteur, lisible.

Voici par quel procédé expérimental, j'ai réalisé cette idée.

On place sur un mandrin mobile autour de son axe un cylindre de cire, sur lequel est enregistré un texte quelconque; sur un mandrin parallèle et mobile également, on place un cylindre vierge; entre les deux cylindres, on dispose un appareil destiné à copier sur le cylindre vierge le sillon du cylindre original. A cet effet, un saphir mousse qui glissera sur le cylindre imprimé et un saphir tranchant qui frottera sur le cylindre vierge sont fixés chacun à l'extrémité d'un levier; ces deux leviers, réunis par une tige articulée, oscillent dans un même plan vertical, autour de deux axes parallèles, et les déplacements du saphir coupant sont identiques à ceux du saphir mousse, à l'amplitude près. Toutefois la position de l'appareil entre les deux cylindres fait que les saillies du cylindre original se traduisent en creux dans le cylindre copie,

et les creux en saillie. Les axes sont solidaires des leviers; chacun des axes peut recevoir un miroir de manière à transcrire les rotations proportionnelles aux oscillations des leviers porte-saphirs par les déplacements d'un rayon lumineux enregistré photographiquement.

L'appareil transcripteur étant installé entre les deux cylindres, on fait tourner simultanément les deux cylindres dans le même sens, à la même vitesse; le saphir mousse, en suivant les dépressions du sillon sonore, fait osciller autour de son axe le levier porte-saphir; ses mouvements, transmis par la tige rigide à l'autre levier, font pénétrer le saphir tranchant dans la cire vierge et creusent ainsi une courbe identique à la courbe originale, inversée.

A l'oreille, on n'entend aucune différence entre ces deux courbes sonores, à l'intensité du son près. On remarque ainsi qu'il est sans importance que les creux soient traduits en saillie et réciproquement.

Pendant cette transcription, on dirige un rayon lumineux sur le miroir fixé à l'axe solidaire du levier qui porte le saphir tranchant et l'on recueille le rayon réfléchi sur un cylindre garni de papier photographique et enfermé dans une chambre noire; toutes les rotations de l'axe se traduisent par des déplacements proportionnels du rayon réfléchi.

Il n'y a entre les déplacements du saphir dans la cire et les déplacements du rayon lumineux sur le papier photographique qu'une différence d'amplification; ce sont les mêmes rotations de l'axe qui déterminent les oscillations du levier porte-saphir et les mouvements du rayon lumineux.

De plus, et c'est un deuxième résultat très important, on a sur le papier photographique une transcription de la courbe du cylindre original, et l'on peut en vérifier la fidélité. Lorsque l'appareil est bien réglé, il n'y a aucune différence sonore entre les deux cylindres. J'ai vérifié que l'identité du son correspondait à l'identité des courbes, en installant un miroir sur chacun des deux axes, et en inscrivant par le même procédé et en même temps les deux mouvements; les deux courbes sont identiques à l'amplitude près. Donc l'identité du son suffit pour garantir l'identité des courbes.

Dès lors, quand la transcription phonographique satisfait l'oreille, la courbe creusée sur le cylindre-copie reproduit fidèlement dans la cire le sillon du cylindre original, et l'inscription photographique, image visible de cette copie sonore, est en même temps la transcription fidèle du sillon original.

Par ce dispositif de double transcription simultanée, il me semble qu'est résolue la difficulté exposée au début de cette Note; on obtient ainsi des graphiques dont on connaît la valeur; la transcription phonographique est le témoin et le garant de la transcription graphique.

PHYSIQUE. — *Sur la précision des méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* du 23 mai 1910, page 1317, M. Chéneveau a voulu comparer, au point de vue de leur sensibilité, les diverses méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques.

Je ne puis me rallier complètement à cette idée première que « en toute logique, la comparaison des méthodes doit être faite avec un même corps et un même champ magnétique », mais je voudrais cependant contribuer à la discussion en y apportant quelques faits purement expérimentaux, destinés à fixer la sensibilité des méthodes en litige, dans les limites où chacune d'elles est pratiquement utilisable.

1° Sans vouloir en rien porter atteinte à l'appareil de Curie et Chéneveau, j'ai cru devoir indiquer qu'il était peut-être hasardeux d'en attendre le $\frac{1}{150}$. La Note de M. Chéneveau assigne à sa sensibilité une valeur comprise entre $\frac{1}{50}$ et $\frac{1}{100}$; d'autre part, certains savants [1] auxquels l'auteur se réfère en indiquent une valeur légèrement inférieure, au moins pour ce qui concerne les poudres infusibles à grain irrégulier. Tout cela justifie mon appréciation discrète.

2° Quelques centaines de mesures faites sur les liquides avec des appareils de torsion de divers types m'ont fait préférer la méthode du tube en U. Dans mes premiers essais sur les sels complexes, auxquels seuls il est fait allusion, j'ai indiqué une sensibilité probable de $\frac{1}{100}$, car les nombres obtenus pour un même corps différaient au plus de cette quantité. Plusieurs milliers de mesures ultérieures, plus soignées, relatives aux composés organiques, m'ont fait dire qu'on pouvait atteindre le $\frac{1}{200}$. Je suis bien obligé de maintenir ce nombre, qui m'est donné par l'expérience [2].

3° La méthode de la balance, particulièrement visée et vivement critiquée par M. Chéneveau, exige une technique comparable à celle du tube en U, elle donne expérimentalement une précision du même ordre, que j'estime à $\frac{1}{150}$ en moyenne. L'échauffement des pièces polaires de mon appareil est insensible dans les conditions où j'opère, et ne trouble pas les pesées, qui d'ailleurs n'ont pas besoin d'être faites à $\frac{1}{10}$ de milligramme pour donner la précision annoncée, quand on emploie des champs de 15000 gauss en moyenne.

En résumé, les méthodes que j'ai proposées ont présenté entre mes mains une sensibilité deux fois plus grande au moins que celles où l'on utilise une balance de torsion, et pour ces dernières j'ai obtenu exactement la sensibilité qu'indique M. Chéneveau [3].

---

[1] Urbain, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1287.

[2] Pascal, *Annales de Chimie et de Physique*, janvier 1910, p. 8.

[3] Pascal, *loc. cit.*, p. 8.

Bien que la complication de mes méthodes ne soit qu'apparente, je n'ai jamais songé à leur faire correspondre le moindre appareil commercial, et je laisse à ceux qui voudront rouvrir cette discussion le soin de monter les dispositifs proposés. Une longue pratique les mettra alors à même d'en vérifier les avantages.

PHYSIQUE. — *Sur l'arc au mercure dans le vide.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. Villard.

L'arc au mercure dans le vide est particulièrement intéressant à étudier quand on le fait jaillir à l'intérieur d'un ballon, de façon à le soustraire à l'action des parois du récipient, et à lui permettre de se produire à de basses pressions de la vapeur.

Si aux deux extrémités du diamètre horizontal d'un ballon d'une dizaine de centimètres de diamètre sont soudés deux tubes recourbés verticalement et remplis de mercure, on peut, à l'aide d'une électrode parasite, faire jaillir un arc d'un tube à l'autre.

1. La décharge peut revêtir dans ces conditions plusieurs caractères : si le vide a été préalablement parfaitement fait dans le récipient, pour des pressions très basses de la vapeur de mercure, le ballon tout entier est rempli d'une luminosité blanche; la pression s'élevant par suite, soit de l'échauffement de l'appareil, soit d'une rentrée d'air, cette luminosité se concentre autour du diamètre horizontal qui joint les deux électrodes.

Dans les appareils que j'ai étudiés, pour une pression comprise entre 1 et 3 centièmes de millimètre, mesurés à la jauge, il se produit d'habitude une colonne rosée donnant au spectroscope les raies de l'arc ordinaire, mais avec un éclat relatif très grand des raies d'importance secondaire, en particulier des raies rouges et de certaines raies ultraviolettes qui, pour une pression très basse, sont extrêmement faibles sinon absentes, le spectre visible se réduisant presque exclusivement aux raies jaunes, verte et violettes. Si la pression dépasse 3 à 4 centièmes de millimètre, la lumière blanche réapparaît sous la forme d'un cordon analogue à la colonne positive étudiée par M. Villard, et la section du cordon ainsi constituée est d'autant plus faible que la pression est plus élevée. Il présente tous les caractères de l'arc contenu dans un tube : même aspect, même éclat, mêmes raies spectrales. Un champ magnétique a sur lui la même action que sur la colonne positive d'un tube à gaz raréfié.

2. Le transport du mercure de l'anode à la cathode, qui, dans les arcs ordinaires, peut être attribué en partie à la différence des températures des deux électrodes, existe encore dans les arcs de cette forme, bien qu'entre

les deux surfaces de l'anode et de la cathode se trouve placé le ballon qui, étant froid, joue le rôle de condenseur.

Pour le vérifier, il suffit de graduer les tubes contenant les électrodes et d'observer les niveaux. Dans une expérience de ce genre, j'ai constaté qu'une masse de $0^{mg},86$ de mercure était transportée par Coulomb. Ce chiffre est certainement très inférieur à la réalité par suite de l'évaporation de la cathode; toutefois si on le rapproche de l'équivalent électrochimique du mercurosum, $2^{mg},07$, on est amené à penser que le transport électrique s'effectue par des ions mercureux.

3. L'action de la vapeur d'eau sur la décharge est particulièrement intéressante : si, la décharge se produisant à très basse pression, on introduit dans le ballon de la vapeur d'eau en chauffant une ampoule, soudée à l'appareil et contenant de la potasse caustique, on voit le ballon devenir complètement obscur, les raies spectrales du mercure s'effaçant alors que le courant est de plusieurs ampères; en même temps la différence de potentiel s'élève.

Les décharges obscures observées jusqu'ici dans les tubes à gaz raréfiés sont de quelques milliampères seulement, tandis que dans cette expérience le courant est de quelques ampères. Si l'on observe que le spectre de la vapeur d'eau comprend des raies ultraviolettes observables seulement au travers du quartz, on peut supposer que les radiations de la vapeur d'eau se sont substituées à celles du mercure. Comme d'autre part rien n'est changé dans le reste de l'arc, il est loisible d'admettre soit que les ions qui transportent le courant sont des ions mercureux et que le phénomène de la luminescence n'est pas indissolublement lié à celui du transport électrique, les ions, véhicules du courant, étant distincts des centres lumineux; soit que le transport électrique se fait par ionisation des centres neutres rencontrés par les ions émanés de l'anode.

4. Si, pour étudier le mouvement de ces centres lumineux par des mesures spectroscopiques, on applique le principe de Döppler-Fizeau, on constate un déplacement dans le sens du courant, de l'anode à la cathode.

Les mesures ont été faites en employant comme appareil spectroscopique un étalon interférentiel à lames argentées et observant les anneaux que donne, dans une lunette pointée pour l'infini, le satellite principal de la raie verte (5461^{A}), les anneaux de la composante principale permettant des pointés moins précis que ceux du satellite à cause de leur largeur. Les erreurs de la mesure du diamètre étaient telles que la longueur d'onde fût, en valeur relative, connue à moins d'un dix-millionième; je pense que les vitesses déterminées sont exactes à une quinzaine de mètres près par seconde. La seule difficulté sérieuse réside dans une variation progressive de la différence de marche due soit aux variations barométriques, soit à une compensation inexacte de la variation de l'indice de l'air avec la température par la dilatation de l'invar avec lequel l'appareil est construit. Pour parer à cette cause d'erreurs, j'ai croisé les observations.

En général, j'ai effectué les pointés avec la lumière émise par une région déterminée de l'arc dans deux directions inclinées sur la normale et en plus, dans quelques cas, suivant la normale. Un grand nombre de mesures ont été faites sur des arcs en ballon, quelques-unes avec des arcs en forme de H. Les nombres trouvés, de même ordre de grandeur, varient suivant la pression de 400^m à 30^m par seconde; la vitesse est dirigée de l'anode vers la cathode, elle diminue quand la pression croît. J'ai trouvé ainsi :

Vitesse.....	$340^{m:s}$	$268^{m:s}$	$186^{m:s}$	$142^{m:s}$	$129^{m:s}$	$32^{m:s}$
Pression à la jauge ou au manomètre.....	$0^{mm},02$	$0^{mm},35$	$0^{mm},72$	$3^{mm},00$	$3^{mm},50$	$7^{mm},0$

Ces vitesses sont très faibles, eu égard à celles qu'on rencontre d'habitude dans les tubes à vide.

Le mouvement matériel de l'anode vers la cathode peut encore être mis en évidence à l'aide d'une lame de platine suspendue à un fil; le courant entraîne fortement cette lame vers la cathode, l'angle avec la verticale pouvant atteindre jusqu'à 30°. On peut encore l'illustrer à l'aide d'une roue à palettes placée dans le ballon où jaillit l'arc; partiellement plongée dans la région où se fait la décharge, elle prend un mouvement de rotation extrêmement rapide; la roue s'arrêtant dès qu'on la sort de la colonne positive, c'est donc bien à celle-ci qu'est dû le mouvement.

Toutes ces expériences ont été faites avec des courants compris entre 2,5 et 5 ampères.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Effets oxydants des rayons ultra-violets sur les corps gazeux. Peroxydation des composés oxygénés de l'azote et du soufre.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henri Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les facultés oxydantes des rayons ultraviolets se manifestent dans la production des composés oxygénés de l'azote et du soufre.

Nous avons examiné d'abord leur effet sur des mélanges d'azote et d'oxygène en suivant la technique déjà décrite (*Comptes rendus*, 9 et 23 mai 1910). On sait que l'étincelle et l'arc électriques combinent ces gaz, secs ou humides, en donnant les divers composés oxygénés de l'azote, et que l'effluve

---

[1] Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

donne avec les gaz humides uniquement de l'acide azotique ([1]). L'effet des rayons ultraviolets est tout autre. Ils sont sans action appréciable sur les mélanges précités.

1° *Air atmosphérique.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 1 heure à 2^{cm} de distance; 1 heure à 5^{cm}; 1 heure à 8^{cm}. Aucune variation du volume gazeux. Pas de vapeurs nitreuses. Pas d'ozone en proportion appréciable. Mercure non oxydé.

Autre expérience sur l'air, prolongée une fois et demie aussi longtemps dans les mêmes conditions d'exposition. Même résultat négatif. L'analyse des $2^{cm^3},77$ résiduels donne $0^{cm^3},57\ O^2 + 2^{cm^3},20\ Az^2$, ce qui est bien la composition de l'air.

Dans les expériences précédentes, comme dans toutes les expériences analogues, sauf indication contraire, les gaz étaient secs, ayant été maintenus plusieurs semaines en présence de potasse ou de chlorure de calcium fondus ou d'acide sulfurique.

2° *Air saturé de vapeur d'eau.* — Action prolongée, 4 heures 30 minutes, comme la précédente. Même résultat négatif.

3° *Mélange d'azote et d'oxygène.* — $1^{cm^3},15\ Az^2 + 2^{cm^3},62\ O^2$. Lampe 110 volts. Tube placé 1 heure à 4^{cm}, 1 heure à 6^{cm}, 1 heure à 8^{cm}. Pas de variation de volume appréciable. Mercure légèrement oxydé.

La formation d'ozone qui, même avec l'oxygène pur, est toujours très faible, paraît ralentie par la présence d'azote, et dans les expériences précédentes, ce n'est qu'avec le dernier mélange, le plus riche en oxygène, qu'il s'en produit une trace.

La non-combinaison de l'azote et de l'oxygène par les rayons ultraviolets est d'accord avec l'observation : sinon les rayons ultraviolets émanés du Soleil, qui agissent avec une grande intensité dans les couches supérieures de l'atmosphère, détermineraient la disparition de l'azote et de l'oxygène de l'air.

Production des nitrites et des nitrates. — 4° *Protoxyde d'azote.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 4 heures et demie à 2^{cm} de distance et 2 heures à 7^{cm}. Volume initial $1^{cm^3},76$; volume final $1^{cm^3},60$ ne contenant ni O^2 ni AzO et composé de $0^{cm^3},29\ Az^2O + 1^{cm^3},31\ Az^2$. Il a disparu $1^{cm^3},47\ Az^2O$, qui ont donné $1^{cm^3},31\ Az^2$ libre $+ 0^{cm^3},16\ Az^2$ fixé sur le mercure $+ 0^{cm^3},73\ O^2$ fixé sur le mercure. La surface de mercure est couverte d'un sel blanc, qu'on dissout dans l'eau distillée; le sulfate de diphénylamine donne une coloration violette (nitrite ou nitrate); le réactif de Griess une coloration rose (nitrite); le réactif de Grandval et Lajoux, une légère coloration jaune (nitrate). Le sel est donc du nitrate de mercure, mélangé d'oxyde et d'une faible quantité de nitrate.

Le protoxyde d'azote s'est décomposé sous l'influence des rayons ultraviolets, en azote et oxygène; l'oxygène s'est porté sur le protoxyde non décomposé pour former les oxydes supérieurs de l'azote qui ont attaqué le mercure.

([1]) M. Berthelot, *Synthèse de l'acide azotique et des azotates à la température ordinaire* (*Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 1367).

L'expérience a été répétée en exposant le tube 2 heures à $2^{cm},5$; 2 heures à 5^{cm}; 2 heures et demie à 8^{cm} de la lampe 110 volts. Le mercure s'est recouvert de même d'une croûte d'oxyde, de nitrite et de nitrate, mais l'écartement de la lampe étant plus grand, la décomposition du gaz Az^2O est moins avancée. Volume initial : $3^{cm^3},35$. Volume final : $3^{cm^3},22$, composé de $1^{cm^3},81\,Az^2O + 1^{cm^3},41\,Az^2$. Il a disparu $1^{cm^3},54\,Az^2O$ qui ont donné $1^{cm^3},41\,Az^2$ libre + $0^{cm^3},13\,Az^2$ fixés et $0^{cm^3},77\,O^2$ fixés.

5° *Bioxyde d'azote.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 3 heures à 3^{cm} de distance. Volume initial : $3^{cm^3},83$. Volume final : $3^{cm^3},27$, composé de $2^{cm^3},81\,AzO + 0^{cm^3},46\,Az^2$. Le mercure est fortement attaqué, et sa surface recouverte d'une couche d'oxyde, de nitrite et de nitrate. Il a disparu $1^{cm^3},02$ de AzO qui ont fourni $0^{cm^3},51\,O^2$ fixés sur le mercure et $0^{cm^3},51\,Az^2$ dont $0^{cm^3},46$ se retrouvent à l'état libre et $0^{cm^3},05$ ont été fixés sur le mercure.

6° *Mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 3 heures à 3^{cm} de distance. Volume initial : $4^{cm^3},40$, composé de $2^{cm^3},40\,Az^2O + 2^{cm^3},00\,O^2$. Volume final : $3^{cm^3},51$, composé de $1^{cm^3},07\,Az^2O + 0^{cm^3},93\,Az^2 + 1^{cm^3},51\,O^2$. Les vapeurs nitreuses ont apparu au bout de peu de temps et persisté tout le cours de l'expérience. Le mercure est couvert d'une croûte saline. Les volumes de gaz fixés sur le mercure sont dans le rapport de 40 d'azote à 115 d'oxygène, ce qui répond à un mélange de nitrates et de nitrites que l'on caractérise comme plus haut.

Un second essai a donné des résultats analogues. Ces réactions sont analogues à celles obtenues en 4° avec le protoxyde d'azote seul.

En résumé, sous l'influence des rayons ultraviolets, dans les conditions des expériences précédentes, l'oxygène n'oxyde pas l'azote libre; ce qui peut tenir à ce que, la réaction étant fortement endothermique, les rayons ne sont pas aptes à fournir l'énergie en quantité voulue ou au potentiel chimique nécessaire à la combinaison. Par contre, les rayons ultraviolets déterminent la peroxydation du protoxyde et du bioxyde d'azote : réactions presque indifférentes au point de vue thermique ou même exothermiques.

Production des sulfates : 7° *Anhydride sulfureux.* — Mêmes conditions d'exposition qu'au 1°. Volume initial : $2^{cm^3},38$; volume final : $2^{cm^3},20$. Gaz résiduel entièrement absorbable par la potasse : donc, anhydride sulfureux sans oxygène. Mercure couvert d'une croûte saline qui, dissoute dans l'eau, donne un précipité avec le chlorure de baryum en solution acide : donc sulfate de mercure. Sur la face du tube est un dépôt blanchâtre de soufre, volatilisable par la chaleur avec l'odeur piquante de l'anhydride sulfureux.

Les choses se passent ici de même qu'avec l'effluve [1].

Cette production d'acide sulfurique aux dépens de l'anhydride sulfureux

[1] Berthelot, *Mécanique chimique*, t. II, 1879, p. 377.

est analogue à la production d'acide nitrique aux dépens du protoxyde d'azote ou du bioxyde d'azote. Dans les deux cas, il y a décomposition avec oxydation d'une partie des produits.

8° *Mélange d'anhydride sulfureux et d'oxygène.* — Mêmes conditions d'exposition qu'au 1°. Volume initial : $3^{cm^3},25$, composé de $2^{cm^3},05\ SO^2 + 1^{cm^3},20\ O^2$. Volume final : $2^{cm^3},55$, où l'on a dosé séparément $1^{cm^3},60\ SO^2$ et $0^{cm^3},94\ O^2$. Il a donc disparu $0^{cm^3},45\ SO^2 + 0^{cm^3},26\ O^2$, soit en tout $0^{cm^3},71$, ce qui s'accorde avec la diminution globale de volume observée $0^{cm^3},70$.

Sur les parois du tube, on voit le dépôt blanchâtre de soufre qui s'est produit, fait curieux, en présence de l'oxygène en excès. A la surface du mercure est une petite croûte de sulfate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air.* Note de M. **J.-O. Serpek**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans les *Comptes rendus* du 11 avril dernier [1] M. Kohn-Abrest a publié une Note *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium*, dans laquelle il a cru donner comme nouvelle l'action de l'air et de l'azote sur la poudre d'aluminium chauffée.

Les résultats de M. Kohn-Abrest sont connus depuis longtemps.

1° M. Matignon [2] a déjà indiqué que la combustion de l'aluminium fournit simultanément de l'alumine et de l'azoture.

2° M. le professeur Fichter [3], sur ma demande, a bien voulu compléter mes connaissances jusqu'ici très rudimentaires sur la préparation et les propriétés de l'azoture d'aluminium. Dans son travail, il a montré en particulier que l'azote, sans action sur l'aluminium à 600°, commence à réagir avec la température de fusion de ce dernier, soit 657°, pour donner une transformation rapide vers 720°-740°; que, en outre, l'azoture s'oxydait progressivement, et enfin, il a défini les conditions de préparation de l'azoture à partir de l'azote et donné les principales propriétés de cet azoture.

3° Depuis 1905 je me suis occupé de la préparation technique de l'azoture d'aluminium. M. Bronnert [4] a exposé mes procédés en même temps qu'il indiquait les propriétés plus précises que je lui avais reconnues.

---

(1) Voir t. 150, p. 918.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXX, 1900, p. 1399.

(3) *Zeits. anorg. Chemie*, t. LIV, 1907, p. 322.

(4) *Bull. Soc. ind. Mulhouse*, janvier et février 1909.

J'ajouterai de plus que M. Kohn-Abrest cite comme nouvelle la formation d'un azoture d'aluminium de composition différente de celle de AlAz; ni M. Fichter ni moi, dans mes nombreux essais, n'avons jamais constaté la formation de ce nouveau produit.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action de l'air sur la houille.* Note de M. **P. Mahler**, présentée par M. Ad. Carnot.

Dans l'étude calorimétrique des combustibles que j'ai publiée en 1892, sous les auspices de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, j'ai inséré une Note sur l'*Altération des houilles à l'air*. Les recherches que je poursuis, au Laboratoire de l'École des Mines, sont un développement de cette Note.

I. Ces nouvelles recherches m'ont conduit à soumettre la houille à l'action d'un courant d'air atmosphérique, à des températures relativement basses, et plus particulièrement au-dessous de la température d'ébullition de l'eau.

La houille est placée dans un tube de cristal chauffé dans une étuve, et qui peut recevoir 200^{g} de charbon pulvérisé. Le tube admet un courant d'air pur et sec; d'autre part, il est en relation avec des appareils qui permettent d'arrêter et de mesurer l'eau, le gaz carbonique et l'oxyde de carbone pouvant résulter de l'action de l'air sur le charbon, à la température du tube. Depuis les travaux de M. A. Gautier et de M. Nicloux, l'emploi de l'anhydride iodique pour doser l'oxyde de carbone est devenu d'une sûreté incontestable. Dans le cas présent, il était nécessaire de débarrasser le courant gazeux des traces possibles d'hydrocarbures non saturés, susceptibles d'agir comme l'oxyde de carbone sur l'anhydride iodique. J'ai eu recours au lavage de ce courant gazeux dans l'acide sulfurique chauffé à 175° C.

J'ai ainsi étudié des houilles provenant des mines de Courrières, d'Anzin, d'Azincourt et de Decazeville. Avec des prises d'essai exactement privées d'eau hygroscopique et de gaz occlus, j'ai observé que l'air, dès une température de 30° à 40° C., exerce sur ces houilles une action déshydrogénante, avec mise en liberté d'eau, de gaz carbonique et d'oxyde de carbone, en quantités mesurables et croissant, en général, avec la température. Les chiffres que j'ai obtenus ne sauraient avoir de valeur absolue; l'état physique de la houille plus ou moins pulvérisée, la vitesse de l'air pouvant, indépendamment de la température, avoir un effet sur l'importance de la réaction. Ces chiffres précisent, cependant, le sens du phénomène. Voici,

à titre d'exemple, ceux qui concernent la veine Joséphine de la concession de Courrières.

L'expérience a consisté à porter 150^g de charbon par période de 30 heures, à 25°, 45°, etc., et à mesurer l'eau, le gaz carbonique et l'oxyde de carbone mis en liberté sous l'action de l'air.

Températures.	Eau.	Gaz carbonique. C^2.	Oxyde de carbone. C^2.
25° à 30°		1,00	2,88
45		1,55	3,73
65	0,290	4,25	5,59
85		12,00	4,97
105		30,00	6,67

J'ai étudié les mêmes houilles, non plus à l'état sec, mais brutes, c'est-à-dire retenant un peu d'humidité. J'ai ainsi observé que l'action de l'air, à une température déterminée, dégage bien moins d'oxyde de carbone avec une houille humide qu'avec la même houille desséchée. La houille de Courrières, par exemple, non desséchée, portée pendant 30 heures à 35°, n'a dégagé que $1^{cm^3},13$ d'oxyde de carbone. Il faut remarquer, en effet, que la réaction dont je parle, lente et limitée à chaque température, dégage une certaine quantité d'eau. Dès lors, il apparaît que l'humidité, soit dans la houille, soit dans l'air, doit retarder cette réaction et en particulier s'opposer au dégagement de l'oxyde de carbone.

J'ai mis en évidence, qualitativement, le dégagement de l'oxyde de carbone de la houille par l'action de l'air, dans une autre série d'expériences. Elles ont consisté à faire passer un courant d'air pur très lent sur un poids important, 1000^g à 1200^g de charbon légèrement chauffé, et à laver ensuite le courant gazeux dans un tube de Winkler, garni d'une solution très étendue de sang. J'ai ainsi constaté, au spectroscope, au bout d'un temps variable, suivant l'échantillon, la formation de l'oxycarbohémoglobine, c'est-à-dire l'intoxication du sang.

En somme, il paraît résulter de mes expériences que les traces d'oxyde de carbone que l'analyse a pu révéler dans l'atmosphère des houillères, y existent non point accidentellement, mais normalement.

II. Enfin, l'examen de l'action de l'air sur les houilles de Courrières, d'Anzin, etc., aux températures comprises entre 100° et 200° C., m'a fourni quelques observations.

A l'aide de l'appareil dont j'ai indiqué plus haut le principe, j'ai constaté, au-dessus de 125° environ, un accroissement considérable de la production de l'eau, du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone, et simultanément, dans l'eau condensée l'apparition

de traces d'hydrocarbures odorants. Puis, au-dessus de 150°, j'ai observé l'acidité croissante de l'eau de condensation. Je reviendrai prochainement sur le liquide à odeur nettement acétique, recueilli dans ces conditions.

Ce phénomène d'oxydation acide coïncide, par ailleurs, avec la formation, aux dépens de la houille, d'une grande quantité d'acide ulmique. Sa constatation contrôle l'exactitude des vues avancées, dès 1892, dans ma Note sur l'*Altération des houilles à l'air*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des γ-glycols acétyléniques. Synthèse d'acides-alcools α.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

1. Dans une précédente Note [1], j'ai indiqué la production d'*acide lactique* par oxydation des isomères de l'*hexine-3-diol-2-5* par une solution neutre de permanganate de potassium à 1 pour 100. Il m'a paru intéressant d'essayer de généraliser ce procédé de synthèse des acides-alcools α, à partir des γ-glycols acétyléniques, d'après la réaction

$$1.\qquad \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH\!<\!\begin{matrix}R\\R'\end{matrix} + O^4 + H^2O = 2\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!COH-CO^2H.$$

Ce procédé est parallèle au procédé classique consistant à hydrater les nitriles-alcools, car tous deux ont, comme point de départ, les aldéhydes ou cétones. Le procédé que j'ai étudié utilise, intermédiairement, la formation des glycols acétyléniques à l'aide du dibromomagnésium-acétylène, réaction qui donne, en général, de très bons rendements et ne présente pas les dangers de la préparation des cyanhydrines utilisées dans la méthode classique.

Malheureusement, la réaction se complique, dans le cas des glycols secondaires, d'une oxydation ultérieure de l'acide-alcool et, dans le cas des glycols tertiaires, de la formation d'acide oxalique et de cétone d'après la réaction

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH\!<\!\begin{matrix}R\\R'\end{matrix} + O^4 = 2\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!CO + CO^2H-CO^2H.$$

Mode opératoire. — La réaction est généralement assez rapide et doit se faire dans un bain d'eau glacée. La concentration de la solution permanganique peut être portée à 2 ou 3 pour 100 dans le cas des glycols tertiaires. Lorsque les glycols étaient inso-

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1381.

lubles dans l'eau, ce solvant était remplacé par de l'acétone pure ou diluée. Quand le permanganate, ajouté en quantité théorique, était complètement réduit, la liqueur était filtrée et distillée (dans le vide dans le cas de l'eau). Le résidu, contenant le sel de potassium de l'acide cherché, était lavé à l'éther, puis acidulé par de l'acide sulfurique étendu; une extraction à l'éther fournissait l'acide.

II. Voici les résultats obtenus avec un certain nombre de glycols :

1° Le glycol $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$ (1) m'a donné l'*acide oxyisobutyrique* fondant à 78° et caractérisé par son sel de zinc $ZnA^2, 2H^2O$;

2° Le glycol $\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH<\!\!\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\end{matrix}$ (2) n'a donné qu'une très faible quantité d'un acide, fondant à 67° et qui doit être de l'*acide méthyléthylglycolique*, mais, au contraire, une assez forte proportion d'acide oxalique et de méthyléthylcétone;

3° Les deux isomères du glycol $\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH<\!\!\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}$ (3) donnent, avec un assez bon rendement, de l'*acide atrolactique* qui, anhydre, fond à 91°-92°. Il était accompagné d'acide oxalique et d'acétophénone;

4° Le glycol $\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!COH-C\equiv C-COH<\!\!\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}$ donne, sans difficulté, de l'*acide diphénylglycolique*, fondant à 149°-150°, accompagné d'acide oxalique et de benzophénone.

Ce glycol, à ma connaissance non encore décrit, s'obtient aisément par l'action de la benzophénone sur le dibromomagnésium-acétylène. Cristallisé dans le toluène, il fond à 193°.

5° Les deux isomères du glycol $CCl^3-CHOH-C\equiv C-CHOH-CCl^3$ (3) m'ont donné, en évitant soigneusement tout échauffement, l'*acide trichlorolactique* fondant à 116°-119°. Le rendement atteint 40 pour 100 et ici, comme pour les autres glycols secondaires, on ne trouve pas trace d'acide oxalique.

6° Enfin le glycol $C^6H^5-CHOH-C\equiv C-CHOH-C^6H^5$ (4) ne m'a donné que de l'acide benzoïque, tandis qu'une partie restait inaltérée. Il ne m'a pas été possible d'isoler d'acide phénylglycolique ni d'acide phénylglyoxylique.

---

(1) Jotsitch, *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXIV, p. 242-244.

(2) Jotsitch, *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXV, p. 1269-1275.

(3) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1221.

En résumé, l'oxydation permanganique de ces glycols donne, sauf dans le dernier cas où elle dépasse le but, les acides-alcools attendus, mais les rendements sont médiocres et très variables avec les conditions.

III. J'ai été naturellement amené, dans le but d'améliorer les rendements, à bloquer les fonctions alcools en les transformant en fonctions éthers-oxydes ou éthers-sels. Dans ces conditions, la méthode donne des résultats très satisfaisants.

Dans le cas des éthers-sels, l'oxydation est lente et demande plusieurs jours; l'acétone diluée, servant de solvant, s'attaque dans ces conditions; un excès de permanganate est donc nécessaire pour que l'oxydation soit complète.

1° Le *diméthoxy-1.4-butine-2* (¹), traité par une solution permanganique aqueuse, donne, à peu près uniquement, l'*acide méthoxyglycolique* caractérisé par son sel de zinc $ZnA^2, 2H^2O$.

2° Les diacétines des deux isomères du glycol

$$C^6H^5 - CH\,OH - C \equiv C - CH\,OH - C^6H^5$$

donnent, avec un bon rendement, de l'*acide acétophénylglycolique*. Ce corps cristallise dans l'eau avec 1^{mol} d'eau et fond, alors, à 38°-39°; il se déshydrate dans le vide sec ou à 90° et son point de fusion devient alors 75°.

3° Les diacétines du glycol

$$CCl^3 - CH\,OH - C \equiv C - CH\,OH - CCl^3$$

donnent, de même presque exclusivement, de l'*acide acétotrichloroluctique* qui, cristallisé dans l'eau, fond à 56°-57° et perd 1^{mol} d'eau de cristallisation vers 80°.

Ces quelques exemples semblent bien démontrer que, si la méthode n'est pas très avantageuse pour obtenir les acides-alcools eux-mêmes, elle le devient pour la préparation de leurs éthers-oxydes ou de leurs acétines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de l'acide oléïque par déplacement de la double liaison.* Note de MM. **A. Arnaud** et **S. Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

L'hypothèse de l'isomérisation par déplacement de la double liaison fut émise en 1887 par MM. Saytzeff (²)

(¹) Lespieau et Dupont, *Bull.*, 4e série, t. I, p. 4.
(²) *Journ. f. prakt. Chemie*, t. XXXV, p. 386.

En traitant par la potasse alcoolique l'acide iodostéarique obtenu par fixation de HI sur l'acide oléique ces auteurs ont observé la formation d'un mélange d'acides gras composé presque exclusivement par de l'acide oléique régénéré et un isomère solide, différent de l'acide élaïdique. Cet isomère, désigné sous le nom d'acide *isooléique*, fondait à 44°-45° et donnait un acide dioxystéarique fondant à 77°-78°. MM. Saytzeff ont admis que ce corps renferme sa double liaison en $\Delta_{2,3}$, l'acide oléique la présentant en $\Delta_{3,4}$; il dérivait donc de ce dernier par déplacement de la double liaison d'un carbone à droite, vers le carboxyle.

Or, la plupart des auteurs admettent que la double liaison de l'acide oléique est située entre le neuvième et le dixième carbone (1). D'autre part, Ponzio (2) et, plus récemment, Le Sueur (3), en débromant par la potasse alcoolique l'acide α-bromostéarique, ont préparé le véritable acide isooléique $\Delta_{2,3}$ qui ne ressemble nullement au corps de MM. Saytzeff, car il fond à 58°-59° et donne un acide dioxystéarique fusible à 126°.

Ayant repris cette question nous n'avons pas tardé à reconnaître que l'expérience de MM. Saytzeff conduit à un mélange beaucoup plus complexe qu'ils ne l'avaient supposé. Nous y avons caractérisé déjà quatre acides différents, et la liste ne semble pas épuisée; ces corps sont: l'acide *élaïdique* ordinaire $\Delta_{9,10}$, l'acide *élaïdique* $\Delta_{8,9}$, l'acide *oxystéarique* $C^{18}H^{36}O^3$ et de l'acide *oléique* régénéré $\Delta_{9,10}$.

L'expérience suivante, qui en donne la preuve, a été réalisée sur 700g d'acide oléique pur.

On fait passer un courant de HI sec dans l'acide oléique jusqu'à ce que le poids augmente de 318g; puis on dissout dans la potasse alcoolique et l'on fait bouillir pendant 3 heures. Les acides gras désiodés, mis en liberté par l'acide sulfurique étendu, se prennent, par refroidissement, en une masse cristalline, imprégnée d'une substance huileuse qu'on sépare à la presse hydraulique. On obtient ainsi un gâteau sec pesant 285g et 415g de produit liquide, contenant encore des acides solides en solution. On précipite ceux-ci en majeure partie, en solution alcoolique, sous forme de sels de magnésie cristallisés, ce qui donne une nouvelle portion d'acides solides, pesant 110g et en tout semblables aux précédents. Par recristallisation dans beaucoup d'alcool, à l'état de sel acide de sodium, ce qui les débarrasse des dernières traces d'huile adhérente, ils se présentent sous la forme d'un corps blanc, à texture cristalline, qui fond vers 36° et sur lequel on commence les fractionnements. Pour cela on le dissout dans 6vol d'alcool et l'on ajoute une quantité de soude alcoolique titrée juste suffi-

(1) Overbeck, *Ann. d. Chemie*, t. CXL, p. 39. — Harries et Thieme, *Id.*, t. CCCXLIII, 1905, p. 360. — Baruch, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXVII, 1894, p. 172. — Molinari et Soncini, *Id.*, t. XXXIX, 1906, p. 2735.

(2) *Gazz. chim. ital.*, t. XXXIV, 1903, p. 77.

(3) *Journ. chem. Soc.*, t. LXXXV, 1904, p. 1708.

sante pour neutraliser un sixième du mélange. Dans ces conditions, un tiers des acides cristallise, à l'état de sel acide de sodium; après essorage et recristallisation dans l'alcool, on retire de ce sel de l'acide *élaïdique* ordinaire, cristallisé en lames oblongues fusibles à 45° et donnant par oxydation de l'acide 9.10.*cis*-dioxystéarique, corps bien connu qui fond à 95°,5. On a pu ainsi en isoler 15 pour 100 du poids de l'acide oléique mis en œuvre.

Les deux tiers des acides gras restés en solution alcoolique ne se laissent plus fractionner et simulent une substance définie fondant à 36°,5-37°; cependant son indice d'iode est 79,2 (90,07 pour un acide oléique) et l'analyse élémentaire y accuse un déficit en carbone de 0,9 pour 100, ce qui s'explique aisément par la présence dans le mélange de 12 à 15 pour 100 d'acide oxystéarique. Nous avons alors essayé de le convertir en acide stéarolique, par le brome et traitement ultérieur à la potasse alcoolique. A 110° on n'enlève qu'un seul HBr, comme c'est la règle pour les acides gras non saturés de configuration *cis*. A 180° nous avons pu en débromer complètement une partie et obtenir un mélange d'acides stéaroliques dont on a isolé l'acide ordinaire $T_{9.10}$ et son isomère $T_{8.9}$, fusible à 47°,5 et donnant un dérivé diiodé d'addition fusible à 67°.

L'acide $T_{8.9}$ n'a pu se former qu'aux dépens de l'acide élaïdique $\Delta_{8.9}$ préexistant; nous apportons donc la preuve de l'isomérisation de l'acide oléique par déplacement de la double liaison. Contrairement aux idées de MM. Saytzeff ce déplacement a lieu dans le voisinage immédiat du neuvième carbone.

N'ayant pu isoler directement l'acide élaïdique $\Delta_{8.9}$, nous l'avons préparé par hydrogénation partielle du stéarolique correspondant ([1]). Tablettes à contour de parallélogramme, peu solubles dans l'alcool froid, fondant à 53° et donnant un dioxystéarique cristallisé en lames minces allongées, fusibles à 98°,5.

L'acide oxystéarique se trouve avec l'acide oléique régénéré dans les eaux mères alcooliques du sel de magnésie extrait de la partie huileuse. Ces eaux mères se séparent en deux couches dont la plus lourde, insoluble dans l'alcool froid, n'a pas encore été étudiée. De la couche surnageante on a isolé près de 30g d'acide oxystéarique pur $C^{18}H^{36}O^{3}$, cristallisé en tablettes hexagonales peu solubles à froid dans l'alcool et l'éther, fusibles à 83°-84° et identiques au produit préparé par MM. Saytzeff par la méthode de Fremy.

L'acide isoléique de MM. Saytzeff n'est donc pas une individualité

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1130.

chimique. En fixant sur l'acide oléique une molécule de HI et l'enlevant ensuite au moyen de la potasse alcoolique on provoque au moins trois réactions différentes : 1° transformation de l'acide oléique en son isomère stéréochimique; 2° déplacement de la double liaison vers le carboxyle; 3° remplacement de l'iode dans l'acide iodostéarique par un hydroxyle.

Si, par analogie avec les faits observés par nous sur les dérivés diiodhydriques de l'acide stéarolique [1], l'iode de l'acide iodostéarique n'est pas placé uniquement du côté du carboxyle, mais aussi du côté opposé, il doit nécessairement se trouver dans le mélange encore un autre isomère, soit élaïdique, soit oléique, ayant la double liaison déplacée à gauche, ainsi qu'un deuxième acide oxystéarique. Nous poursuivons ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage de quelques alcools hydroaromatiques aux phénols correspondants.* Note de M. **Léon Brunel**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

J'ai fait connaître dans des Notes antérieures (*Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 1268; t. CXL, p. 252, et t. CXLI, p. 1245) comment, par fixation, en présence du nickel divisé, de 6^{at} d'hydrogène sur le thymol et sur le carvacrol, j'avais obtenu les alcools hexahydroaromatiques correspondants, le thymomenthol et le carvomenthol.

Pour qu'aucun doute ne subsistât sur la constitution de ces deux alcools, il restait à établir qu'au cours de l'hydrogénation catalytique des phénols, réalisée vers 160°, c'est-à-dire à une température notablement élevée et en présence d'un agent catalyseur, le nickel, qui s'était, dans nombre de cas, montré très actif, il n'y avait pas eu de transposition moléculaire dans la chaîne hydrocarbonée. Le groupement isopropylique, par exemple, aurait pu être atteint.

Je me suis proposé de lever toute hésitation sur ce point; dans ce but, j'ai ramené les deux alcools hydroaromatiques aux phénols qui avaient servi à les préparer.

I. Dans une première méthode, mise en œuvre seulement avec le thymomenthol, j'ai utilisé une réaction appliquée au menthol naturel par MM. Beckmann et Eickelberg (*Berichte chem. Ges.*, t. XXIX, p. 418).

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, p. 1245.

A cet effet, le thymomenthol est oxydé à froid par l'acide chromique en solution acétique ; il se forme ainsi la thymomenthone. Cette cétone, mise en solution dans le chloroforme, est additionnée, par petites portions, de 4^{at} de brome pour 1^{mol}. Chaque addition provoque un abondant dégagement d'acide bromhydrique. Lorsque la réaction est terminée, on lave la solution chloroformique à l'eau et l'on distille pour chasser le chloroforme. Le résidu est un liquide huileux, jaunâtre, qui se prend bientôt en une bouillie cristalline. Les cristaux ont la composition d'une thymomenthone bibromée $C^{10}H^{16}Br^2O$; dissous dans l'alcool chaud, ils se déposent, par refroidissement de la liqueur, en gros prismes incolores, inodores, fusibles à 97°. Ce composé bromé est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool à froid, très soluble dans l'alcool à chaud.

La thymomenthone bibromée, chauffée pendant quelques minutes avec un excès de quinoléine, fournit, par perte de 2^{mol} d'acide bromhydrique, du thymol.

Ce composé est séparé de la quinoléine par des lavages à l'acide chlorhydrique étendu. Le résidu passe en presque totalité à la distillation entre 232° et 234° ; il se prend bientôt, surtout lorsqu'on y projette un cristal de thymol, en une masse cristalline, fusible à 50°. L'analyse montre que sa composition est celle du thymol. Ces cristaux possèdent d'ailleurs l'odeur caractéristique du thymol et en présentent toutes les réactions ; ils donnent notamment de l'aristol par l'action de l'iode en présence de soude.

II. Une deuxième méthode m'a fourni des résultats encore meilleurs; elle consiste dans la déshydrogénation catalytique, en présence de cuivre divisé et chaud, des alcools hydroaromatiques. MM. Sabatier et Senderens ont constaté qu'à haute température, entre 300° et 380°, en présence de cuivre réduit, le cyclohexanol et les hydrocrésols sont, pour une certaine partie, dédoublés en hydrogène et phénols correspondants (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IV, p. 373 et 466).

Avec le thymomenthol, le menthol naturel et le carvomenthol, j'ai constaté que ce dédoublement peut être total à une température notablement inférieure, voisine de 230°. Le cuivre, qui doit servir d'agent déshydrogénant, est introduit dans le tube à catalyse sous forme d'oxyde déposé sur de la ponce granulée. La réduction de cet oxyde de cuivre doit être effectuée vers 300°; en opérant à cette température, on évite d'avoir du cuivre réduit, trop actif au début, qui agirait sur les alcools hydroaromatiques en les dédoublant en carbures et eau.

L'alcool hydroaromatique étudié étant introduit dans le tube à catalyse, chauffé à 230°-240°, avec une vitesse de 3^g à l'heure, on constate au début, pendant une heure ou deux, que l'action déshydratante est particulièrement marquée, puis elle s'atténue rapidement pour disparaître bientôt complètement ; la déshydrogénation de l'alcool

hydroaromatique s'opère alors régulièrement. Les produits ainsi obtenus dans l'action catalytique déshydrogénante sont purifiés par distillation.

III. Dans le cas du thymomenthol et dans celui du menthol naturel, la presque totalité du liquide passe à 232°-233°. Le liquide ainsi obtenu se prend bientôt en une masse cristalline constituée dans les deux cas par du thymol pur. En effet, le produit fond à 50° et bout à 232°. Il présente à l'analyse la composition du thymol. Il donne la réaction de l'aristol. Le rendement en thymol avec le menthol naturel ou le thymomenthol est voisin de 85 pour 100.

La déshydrogénation catalytique du carvomenthol est plus lente. Il est nécessaire de passer à deux ou trois reprises le même liquide dans le tube. Finalement le produit obtenu passe presque entièrement à la distillation à 236°-237°; c'est un liquide huileux, à odeur de carvacrol, cristallisant vers 0°. L'analyse lui assigne d'ailleurs la composition du carvacrol.

Au début du fractionnement par distillation des produits de déshydrogénation par catalyse, il passe de l'eau et un carbure d'hydrogène $C^{10}H^{18}$: un menthène bouillant à 166°-168° dans le cas du thymomenthol ou dans celui du menthol, un carvomenthène bouillant à 174°-176° dans le cas du carvomenthol.

IV. Les recherches dont je viens d'exposer les résultats établissent que dans l'hydrogénation catalytique des phénols possédant une chaîne ramifiée, comme le thymol ou le carvacrol, celle-ci n'est pas modifiée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence accidentelle dans le lait de sulfocyanures et leur origine.* Note de MM. **Stœcklin** et **Crochetelle**, présentée par M. L. Maquenne.

Le 20 avril dernier, on soumettait simultanément aux deux établissements que nous dirigeons, pour procéder à son analyse, un échantillon de lait de vache dont la teinte rose chair rappelait la coloration des sels de manganèse.

Tandis que l'un de nous recherchait ce métal dans le lait, puis dirigeait ses investigations vers la bactériologie, supposant la couleur due à la présence d'une espèce microbienne, l'autre décelait une teneur exagérée des cendres en oxyde de fer et découvrait que la présence de sulfocyanure de ce métal était la cause de la coloration anormale du lait.

Y avait-on ajouté un poison? Le sulfocyanure était-il tombé acciden-

tellement dans le liquide, ce qui était possible, car le fait se passait dans un hôpital? D'où pouvait provenir, en dehors de ces deux causes, l'accident constaté?

Tels sont les points sur lesquels se portèrent nos recherches.

La coloration réapparaissant encore le lendemain 21 avril, il fallait rejeter l'hypothèse d'un accident fortuit. L'un de nous, s'occupant précisément des tourteaux de crucifères, pensa que l'essence de moutarde pourrait bien être l'origine du produit en question. Une enquête nous apprit que le fer pouvait facilement provenir du chaudron servant à la cuisson du lait. La laitière nous affirma d'abord ne donner à ses animaux que du seigle vert et du tourteau de lin garanti pur, puis elle nous fit remarquer que celui qu'elle employait alors ne lui semblait pas aussi beau que d'habitude et que son petit vacher qui croquait volontiers les tourteaux précédents ne voulait pas mordre à celui-là. Le tourteau, examiné au laboratoire, contenait en effet des quantités notables d'impuretés, notamment des crucifères : moutarde, navette, colza, cameline et des coques d'amandes.

Un essai nous montra que, après une heure de contact avec l'eau, 100^{g} de tourteau donnaient $94^{mg},6$ d'essence de moutarde. Chaque vache recevant par jour 3^{kg} de tourteau, pouvait ainsi produire dans son estomac $2^{g},85$ d'essence de moutarde en une heure ; cette essence pouvait ensuite se transformer dans le tube digestif en sulfocyanures alcalins et passer dans le lait. La laitière ayant continué, malgré notre avis, à donner du tourteau à ses vaches, mais en moindre quantité, on observa pour le lait la même coloration rouge, seulement un peu plus faible, dans la marmite de fer.

Ayant alors supprimé complètement le tourteau de la ration, pour certaines vaches, la coloration disparut rapidement ; c'étaient précisément celles qui étaient d'introduction récente dans l'étable et qui, par conséquent, n'avaient reçu cette nourriture que pendant peu de jours. Au contraire, pour certains animaux, la présence des sulfocyanures persista longtemps, surtout pour deux d'entre eux, qui éprouvèrent de sérieuses indispositions.

Notons en passant que la recherche des sulfocyanures dans le lait est assez délicate : elle peut s'effectuer dans le lait entier ou dans son sérum au moyen de la réaction classique par le chlorure ferrique acide, sous réserve de certaines observations particulières. Dans le lait entier et surtout en présence de très faibles quantités de sulfocyanures, cette réaction colorée est fugace et souvent difficile à saisir, le coagulum formé entraînant une partie du sulfocyanure de fer. Dans le sérum obtenu à froid, après précipitation de la totalité de la caséine par le sel de fer, le sulfocyanure n'est décelé que s'il existe en quantité appréciable.

La présence des sulfocyanures dans le lait peut donc être attribuée à l'alimentation des vaches laitières avec des tourteaux de crucifères ou autres tourteaux falsifiés par des crucifères ; elle permet d'expliquer les accidents survenus à de jeunes bovidés et même à des nourrissons. L'un de nous s'occupe de rechercher comment se forme l'essence dangereuse et quelles sont les conditions qui favorisent ou entravent sa production.

BOTANIQUE. — *Sur le dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique au cours de la disparition des pigments anthocyaniques chez les végétaux.* Note [1] de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai fait connaître dans une précédente Note [2] les résultats auxquels ont abouti nos recherches sur le rôle joué par l'oxygène dans la formation et la disparition des pigments anthocyaniques, et j'ai montré que de l'oxygène est fixé par les tissus dans lesquels ces composés prennent naissance, tandis que de l'oxygène est perdu par les tissus dans lesquels les pigments rouges sont en voie de disparition.

Les recherches que j'ai faites sur les échanges gazeux qui s'effectuent, au cours de la disparition des anthocyanes, entre l'atmosphère et les tissus, m'ont permis de constater que ces échanges sont de nature très particulière.

On sait que chez les plantes vertes ordinaires, exposées à la lumière, l'assimilation chlorophyllienne l'emporte sur la respiration, et que le résultat global des échanges qui s'effectuent entre la plante et l'atmosphère extérieure, dans ces conditions, est une diminution de la quantité de gaz carbonique contenue dans cette atmosphère et une augmentation de la quantité d'oxygène.

Or, chez les plantes dont les pigments anthocyaniques sont en voie de disparition, les échanges gazeux sont très différents.

Les expériences dont je vais exposer ici les résultats ont été faites en même temps sur des feuilles rouges d'*Ailantus glandulosa* récoltées au moment où le pigment qu'elles renfermaient était en voie de disparition, et sur des feuilles vertes de la même plante, chez lesquelles l'anthocyane avait complètement disparu.

Les résultats obtenus sont réunis dans le Tableau ci-après; ils sont rapportés à une surface foliaire de 1^{cm^2} et représentent les échanges gazeux ayant eu lieu pendant une heure; pour les expériences à la lumière, les feuilles ont été placées dans de l'air contenant 10 pour 100 de gaz carbo-

---

(1) Présentée dans la séance du 30 mai 1910.

(2) R. Combes, *Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux* (*Comptes rendus*, 9 mai 1910).

nique; pour les expériences à l'obscurité, elles ont été placées dans de l'air ordinaire.

	Feuilles rouges.	Feuilles vertes.
Échanges gazeux à la lumière.	CO^2 dégagé 0,00492	CO^2 absorbé 0,00900
	O dégagé 0,00720	O dégagé 0,01870
Échanges gazeux à l'obscurité (respiration).	CO^2 dégagé 0,00786	CO^2 dégagé 0,00320
	O absorbé 0,00507	O absorbé 0,00320

On voit que les feuilles rouges exposées à la lumière ont dégagé, en même temps que de l'oxygène, une forte proportion de gaz carbonique qui a échappé à la décomposition par l'assimilation chlorophyllienne. Il y a par conséquent, pour les feuilles rouges, pendant cette période du développement, à la fois perte de carbone et perte d'oxygène, cette dernière comprenant l'oxygène libre et l'oxygène contenu dans le gaz carbonique. On constate, d'autre part, que les feuilles vertes ont dégagé de l'oxygène mais qu'elles ont absorbé de l'anhydride carbonique. Il faut observer de plus que la respiration des feuilles rouges a été beaucoup plus active que celle des feuilles vertes.

Il résulte de ces faits que lorsque l'anthocyane est en voie de disparition, l'assimilation chlorophyllienne ne se produit pas normalement et qu'il y a alors un dégagement simultané d'oxygène et de gaz carbonique.

Ce phénomène n'a été signalé jusqu'ici que chez des plantes grasses telles que certaines espèces de Cactées et de Crassulacées.

En ce qui concerne les Crassulacées, Mayer (1) a montré que la principale source de l'oxygène dégagé à la lumière était la décomposition de l'acide isomalique contenu dans les tissus. Aubert (2) a également attribué à la décomposition des acides un rôle important dans les réactions qui aboutissent au dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique observé par lui chez certaines Cactées. Enfin Mangin (3) a montré expérimentalement que la présence de certains acides organiques dans les tissus détermine, à la lumière, l'émission d'oxygène sans absorption corrélative d'anhydride carbonique.

Aubert a constaté que, chez les Cactées, le dégagement simultané d'anhy-

---

(1) Mayer, *Ueber die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen* (*Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen*, t. XXI, 1880, p. 277).

(2) Aubert, *Note sur le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique chez les Cactées* (*Comptes rendus*, 31 mars 1891).

(3) L. Mangin, *Sur les modifications apportées dans les échanges gazeux normaux des plantes par la présence des acides organiques* (*Comptes rendus*, novembre 1889).

dride carbonique et d'oxygène se produit lorsque la respiration est activée (par une température élevée) et l'assimilation ralentie (par un éclairement peu intense); le gaz carbonique émis en quantité notable par la respiration active n'est alors assimilé qu'en partie, l'assimilation étant faible, la plus grande partie se dégage donc dans l'atmosphère; quant à l'oxygène mis en liberté, il provient, pour Aubert, de l'acide malique détruit à la lumière.

Le phénomène semblable qui se produit au cours de la disparition de l'anthocyane paraît être dû à des causes analogues à celles qui ont été invoquées par Aubert à propos des Cactées. Dans les feuilles d'*Ailantus glandulosa* sur lesquelles les expériences ont été faites, la chlorophylle est en petite quantité, l'assimilation se trouve par conséquent assez faible; d'autre part, la respiration est très active ainsi que le montrent les expériences comparatives effectuées sur des feuilles rouges et sur des feuilles vertes; cette activité des échanges respiratoires est due à ce que les phénomènes de nutrition sont très intenses dans ces organes jeunes incomplètement développés. Une quantité importante d'anhydride carbonique est donc mise en liberté dans la respiration; une partie seulement de ce gaz carbonique est assimilée, et l'autre partie se dégage dans l'atmosphère.

Quant au dégagement d'oxygène, il doit être attribué à la décomposition du pigment anthocyanique. En effet, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'existence de groupements acides dans la molécule des anthocyanes; tout récemment encore, Grafe [1] a caractérisé deux radicaux acides dans une anthocyane isolée par lui.

Or, une série d'expériences dont les résultats ont été exposés précédemment m'a permis de constater que la formation de ces composés acides est accompagnée d'une fixation d'oxygène, la destruction de ces mêmes composés mettant en liberté une certaine quantité de ce gaz. Par conséquent, l'anthocyane joue ici un rôle comparable à celui de l'acide malique dans le phénomène étudié par Aubert. C'est à sa destruction qu'il faut attribuer le dégagement d'oxygène qui accompagne le dégagement d'acide carbonique.

En résumé, nos expériences montrent que *le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique n'est pas particulier aux plantes grasses; ce phénomène est plus général et peut également se produire chez les végétaux dans lesquels des pigments acides sont en voie de disparition.*

---

[1] V. Grafe, *Studien über das Anthokyan* (*Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien;* Bd. CXV, Abt. I, 1906; et Bd. CXVIII, Abt. I, Juli 1909).

BOTANIQUE. — *Influence du terrain sur les variations de l'appareil sécréteur des Clusiacées.* Note [1] de M. H.-Jacob de Cordemoy, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans ses importantes recherches sur les canaux sécréteurs des plantes (1872 et 1885), M. van Tieghem fut le premier botaniste à bien faire connaître la structure et la localisation de l'appareil de sécrétion des Clusiacées. Il établit, en outre, que la disposition anatomique de cet appareil permettait de caractériser les divers genres de cette famille et contribuait à déterminer leurs affinités réelles.

Mais la constitution de l'appareil sécréteur n'échappe pas, autant du moins qu'on l'avait admis jusqu'ici, à l'influence des conditions de milieu. Des observations anatomiques faites sur des Clusiacées du nord-ouest de Madagascar [2] nous ont montré que ces conditions de milieu, principalement la nature et la composition du terrain, entraînent, chez des plantes de même espèce ou d'espèces très voisines, des variations parfois considérables dans la sécrétion résineuse, et qu'il en résulte des modifications très appréciables de la disposition, du nombre et des dimensions des organes renfermant les substances résineuses sécrétées.

Les Clusiacées étudiées appartiennent aux genres *Garcinia, Rheedia*, *Tsimatimia* (nov. gen.), *Symphonia, Ochrocarpus* et *Calophyllum.* Pour la plupart d'entre elles, nous possédions des indications précises concernant les diverses conditions du milieu où elles avaient poussé : nature du terrain ; stations humides ou sèches, dans les bois ou en forêts, sur les bords des torrents ou sur les plateaux ; altitude.

Or, l'influence possible de certaines de ces conditions de milieu a été envisagée en des travaux antérieurs : notamment par M. Léon Dufour, dans son étude expérimentale de l'action de l'intensité lumineuse sur les feuilles ou les tiges, et, plus récemment, par M. Maheu, dans ses recherches sur les plantes cavernicoles soumises à la fois à un faible éclairement et à une humi-

---

(1) Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

(2) Ces plantes nous ont été très obligeamment communiquées par M. le professeur Jumelle; elles proviennent des récoltes de M. Perrier de la Bathie. Ces deux auteurs en ont fait l'objet d'une étude descriptive qui paraîtra prochainement, en même temps du reste qu'un exposé détaillé des observations anatomiques que la présente Note résume.

dité parfois excessive. La conclusion de ces auteurs est, en somme, que les différences d'éclairement ou d'état hygrométrique ne font apparaître aucune modification notable dans la structure de l'appareil de sécrétion des plantes, sauf peut-être un certain élargissement des canaux sécréteurs à la lumière.

Mais les variations constatées chez nos Clusiacées consistent surtout dans l'augmentation du *nombre*, et aussi, avec une grande netteté pour certaines formes, dans l'accroissement des dimensions des organes composant l'appareil sécréteur de la tige et de la feuille. Nous sommes ainsi amené, en considérant l'influence des autres conditions de milieu seulement comme secondaire, à attribuer ces variations à l'action du sol, ou, en termes plus précis, à la nature et à la composition des terrains sur lesquels ces plantes ont poussé. Certaines de ces espèces, particulièrement plastiques, ont été rencontrées sur des terrains très différents et présentaient en conséquence un remarquable polymorphisme.

D'après le degré de développement de l'appareil sécréteur, défini surtout par le nombre et aussi par les dimensions des organes qui le constituent, nous avons donc réparti nos espèces de Clusiacées ou leurs formes en deux groupes :

1° Les *formes des terrains primitifs* (gneiss, schistes cristallins) ont constamment un appareil sécréteur développé.

Mais il y a, dans ce développement, deux modes à distinguer :

a. Dans une première série d'espèces, les formes du gneiss multiplient tout d'abord leurs canaux sécréteurs primaires, ceux de l'écorce et de la moelle, puis, un peu plus tard et avec une précocité variable, de nouveaux canaux, en plus ou moins grand nombre, se différencient dans le liber secondaire.

b. Dans une seconde série d'espèces, les formes du gneiss ont leurs canaux sécréteurs primaires, corticaux et médullaires, relativement réduits, du moins en nombre; mais alors, par compensation, il se forme, dans le liber secondaire, de nombreux et larges canaux disposés assez régulièrement en cercles concentriques et anastomosés en réseau dans chacun des cercles.

2° Les *formes des terrains sédimentaires* (calcaires, grès, schistes, sables) ont toujours un appareil de sécrétion réduit.

Cette réduction se manifeste tout d'abord parmi les organes sécréteurs primaires, ceux de l'écorce qui néanmoins persistent dans tous les cas, et surtout ceux de la moelle qui peuvent faire entièrement défaut; en outre, les canaux libériens se différencient tardivement et en petit nombre dans le liber secondaire.

Toutes ces variations de la disposition de l'appareil sécréteur de la tige sont accompagnées de modifications corrélatives dans la feuille: développement des organes de sécrétion filiaires dans les formes des terrains primitifs et réduction dans les formes des terrains sédimentaires.

La sécheresse du milieu détermine certainement chez plusieurs de ces plantes un appauvrissement de l'appareil sécréteur primaire, qui porte surtout sur les organes médullaires; car alors la moelle devient plus étroite, se sclérifie et ne renferme plus que de rares canaux qui, d'ailleurs, peuvent disparaître totalement. Mais, dans ce cas,

sur les terrains favorables, dans les formes du gneiss, par exemple, l'appareil libérien acquiert, par compensation, un développement relativement considérable; tandis que sur les sols gréseux ou calcaires, qui sont les plus défavorables, cette compensation ne s'observe pas, les canaux libériens sont toujours peu nombreux, et l'appareil sécréteur reste, en définitive, réduit dans toutes ses parties.

Pour certaines espèces, recueillies à des altitudes variant entre 800^{m} et 1700^{m}, l'activité de la sécrétion résineuse, toutes les autres conditions restant les mêmes, paraît diminuer à mesure que l'altitude s'élève.

Physiologiquement, ces variations de l'appareil sécréteur peuvent s'expliquer. Les substances résineuses étant considérées comme des produits d'excrétion, leur abondance est d'autant plus grande chez les plantes que la végétation est plus active Or, c'est précisément ce qui a lieu pour nos Clusiacées qui paraissent rencontrer des conditions de végétation beaucoup plus favorables sur les terrains primitifs que sur les terrains sédimentaires.

Le *Calophyllum recedens* Jum. et Perr., seule espèce de ce genre que nous ayons examinée, constitue une exception : ses deux formes, l'une du gneiss et l'autre d'un calcaire jurassique, n'offraient que de faibles différences dans les caractères et la disposition de leur appareil sécréteur. Les *Calophyllum* sont peut-être moins influencés par les conditions de milieu.

En résumé, dans les mêmes conditions de milieu, les caractères et la disposition de l'appareil sécréteur de la tige et de la feuille des Clusiacées peuvent sans doute contribuer à la détermination anatomique des divers genres de cette famille. Mais si les conditions de milieu varient, la constitution de cet appareil offre elle-même des variations parfois considérables. Celles-ci se manifestent dans le nombre et les dimensions des organes de sécrétion, qui augmentent ou diminuent; et toutes ces modifications se produisent principalement sous l'influence de la nature et de la composition du terrain.

PHYSIOLOGIE. — *Résorption des tumeurs expérimentales de la souris sous l'influence des rayons X.* (Étude histologique). Note de M. **A. Contamin**, présentée par M. Bouchard.

Nous avons montré, dans une Note précédente [1], que, sous l'effet des rayons X, une tumeur greffée de souris pouvait se résorber rapidement.

---

[1] A. Contamin, *Rayons X et souris cancéreuses* (*Comptes rendus*, 29 déc. 1909).

L'examen histologique de ces tumeurs, en voie de résorption rapide, nous a permis de faire d'intéressantes constatations. Nos expériences ont été entreprises avec la tumeur B.

I. La tumeur B est constituée par un épithélioma glandulaire, de disposition lobulaire, à cellules petites (protoplasma peu visible, noyaux ronds ou ovales).

Le stroma est à fibre hyaline, grêle, infiltré de nombreuses cellules dont le protoplasma est invisible et dont les noyaux ont une tendance à prendre une forme allongée et en bâtonnet. Les grosses travées de ce stroma subdivisent la tumeur en gros lobules primaires; de ces grandes cloisons partent ces cloisons plus nombreuses et plus grêles, qui subdivisent les lobules primaires en lobules secondaires et tertiaires. Des suffusions sanguines se rencontrent parfois dans ledit stroma, quelquefois en plein lobule épithéliomateux.

II. Quand on examine cette tumeur, dans les 4 ou 5 jours qui suivent l'irradiation, voici généralement, ce que l'on constate :

Au sein des lobules de la tumeur, on voit apparaître des *cavités kystiques*. Le tissu épithélial, cependant, ne fait pas à ces kystes une paroi propre régulièrement tapissée par des cellules cubiques rangées en palissade ; celles-ci se sont simplement tassées, comme refoulées par le contenu. Les plus grands kystes sont souvent le siège d'hémorragies. On voit alors leur contenu constitué, partie par une nappe hémorragique, partie par une nappe granuleuse ; dans cette dernière, la nappe hémorragique pousse des pointes et fait des encoches circulaires ou triangulaires, ce qui prouve bien que l'hémorragie est un phénomène subséquent et secondaire.

Dans le reste de la tumeur, si des kystes ne se sont pas formés, il est du moins très net que le tissu du stroma est notablement plus abondant que sur la tumeur point de départ. Certains lobules se présentent avec des formations épithéliomateuses très réduites, fragmentées par le strome qui les subdivise en lobules plus petits, et même en menus groupes de cellules épithélioïdes.

On peut dire, somme toute, que les surfaces de la coupe, occupées par le tissu fibrillé, sont devenues supérieures à celles occupées par les lobules de cellules épithéliales. De plus, ces groupements épithéliaux ne sont plus en contact avec le stroma, les îlots de cellules désagrégées qui les composent s'étant comme rétractés.

Les coupes de tissu, non en voie de résorption, montrent, au contraire, une liaison étroite entre le stroma et le parenchyme ; il y a non seulement contact, mais, à l'examen des bandes de stroma, on constate une intimité telle qu'à un grossissement suffisant on voit des cellules intermédiaires ayant déjà pris l'hématéine, ayant déjà une forme moins allongée, plus cylindrique, qui semblent indiquer un trait d'union entre le parenchyme et le stroma.

L'examen des tumeurs, presque complètement résorbées, pratiqué environ huit jours après l'irradiation, ne montre généralement plus de formation kystique, mais seulement cette abondance du stroma.

III. Il est intéressant de noter cette évolution pseudo-kystique des tumeurs en voie de résorption sous l'influence des rayons X. On sait que la présence de kystes est une des caractéristiques de la bénignité des tumeurs. Mais, en réalité, les pseudo-kystes des tumeurs irradiées sont un simple résultat de la résorption, et ne peuvent être entièrement assimilés aux kystes véritables. Ces pseudo-kystes se retrouvent, d'ailleurs, dans les fragments de tumeurs greffées sur sujets immunisés et qui se résorbent (Bashford).

PHYSIOLOGIE. — *Études sur le venin de cobra et le sérum antivenimeux.* Note de Mlle **Bolesława Stawska**, présentée par M. A. Dastre.

En comparant les courbes de pression carotidienne obtenues chez le lapin intoxiqué par injections intraveineuses de venin de cobra, on constate des différences absolues entre les effets des doses faibles et des doses fortes.

Pour les premières (1^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), à une période d'incubation sans troubles circulatoires graves, succède une période d'accidents cardiaques, dans laquelle on peut distinguer trois phases successives : 1° ralentissement du cœur avec augmentation considérable des oscillations cardiaques de la pression artérielle et conservation de la valeur de la pression moyenne; 2° augmentation considérable de la pression carotidienne; 3° chute rapide, mais progressive et non instantanée, de la pression conduisant à l'arrêt du cœur.

Pour les secondes (5^{mg} à 6^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), il se produit, presque aussitôt après l'injection, une chute brusque, instantanée de la pression artérielle, chute ayant la grandeur et les caractères de la chute de pression qu'on observe dans la réaction générale d'anaphylaxie ou d'intoxication protéique.

Pour des quantités intermédiaires (3^{mg} à 4^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), les effets se combinent; on note d'abord la chute de pression (chute d'intoxication protéique), puis le retour progressif de la pression à sa valeur primitive et enfin les accidents indiqués pour les faibles doses.

La chute primitive de pression, atténuée en grandeur et en durée, s'observe même avec les doses faibles : elle peut être considérée comme l'indice d'une intoxication protéique légère, distincte de l'intoxication venimeuse proprement dite. On relève d'ailleurs, dans un assez grand nombre, sinon dans la totalité des tracés respiratoires, au moment de la dépression artérielle, une accélération respiratoire généralement modérée et de courte durée, indice, comme la dépression, d'une légère intoxication protéique.

Si l'on injecte dans les veines du lapin 1^{mg} de venin sec (en solution à 1 pour 1000 dans l'eau salée) par kilogramme, on peut ne pas tenir compte de cette intoxication protéique dont les accidents apparaissent et s'évanouissent durant la période d'incubation de l'intoxication venimeuse proprement dite. Avec cette dose de venin, les accidents évoluent de la façon suivante : pendant 10 minutes, on ne note ni accidents respiratoires, ni accidents circulatoires; à ce moment, la respiration commence à se ralentir et à prendre les caractères de la respiration dyspnéique (contractions des muscles élévateurs des côtes et des muscles respiratoires de la face), le ralentissement et la dyspnée s'accentuant progressivement jusqu'à l'arrêt respiratoire qui se produit 20 minutes environ après l'injection du venin. Les troubles circulatoires apparaissent brusquement 15 minutes environ après l'injection du venin : ils présentent l'évolution ci-dessus décrite et se terminent, après une période d'affaiblissement progressif, par l'arrêt du cœur, de 22 à 25 minutes après l'injection.

Si, chez des lapins de 2^{kg} ayant reçu en injection intraveineuse 2^{mg} de venin, on injecte dans les veines 5^{cm^3} de sérum antivenimeux (dose plus que suffisante pour neutraliser *in vitro* les 2^{mg} de venin) à divers moments de la survie, on note les résultats suivants :

1° Si le sérum est injecté après l'apparition des modifications respiratoires et au début des accidents cardiaques, il est rigoureusement inefficace : les accidents évoluent avec les mêmes caractères et, à très peu près, avec la même vitesse qu'en l'absence du sérum; 2° les résultats sont les mêmes si le sérum est injecté après l'apparition des premiers changements respiratoires, mais avant l'apparition des troubles cardiaques; 3° si le sérum est injecté pendant la seconde moitié de la période d'incubation, avant l'apparition des premiers troubles respiratoires, l'évolution des accidents d'envenimation est modifiée : les changements respiratoires débutent bien au même moment qu'en l'absence du sérum, mais ils s'accentuent moins vite; les accidents cardiaques n'apparaissent qu'avec un important retard et les arrêts respiratoire et cardiaque sont très notablement retardés (40 minutes environ); 4° si le sérum est injecté pendant la première moitié de la période d'incubation, il empêche l'apparition des accidents et assure la survie de l'animal.

Or M. Arthus établit que les accidents essentiels de l'envenimation par le venin de cobra sont les accidents respiratoires, dont tous les autres dérivent (au moins pour la dose de 1^{mg} par kilogramme); donc, dans les conditions expérimentales que j'ai adoptées (et j'insiste sur cette réserve), le sérum antivenimeux n'est efficace que s'il est introduit dans l'organisme avant l'apparition, assez longtemps même avant l'apparition des accidents essentiels de l'envenimation. Le sérum antivenimeux se montre donc, dans les conditions expérimentales que j'ai adoptées (j'insiste encore sur cette réserve), dépourvu de toute action curative et ne possédant qu'une action préventive.

Les auteurs, qui ont cherché à élucider le mode d'action de l'antitoxine du sérum antivenimeux sur le venin, ont chauffé le mélange de venin et de sérum à 68° pendant 30 minutes, estimant qu'en opérant ainsi, ils ont détruit totalement l'antitoxine et respecté complètement le venin. Les méthodes d'analyse très précise auxquelles j'ai eu recours m'ont montré : 1° que le sérum antivenimeux ne perd totalement son activité antitoxique à 68° qu'à la condition d'être maintenu au moins 90 minutes à cette température, et qu'après 30 minutes il est seulement atténué; 2° que déjà après 30 minutes de chauffage à 68° le venin est légèrement atténué, très légèrement d'ailleurs, cette atténuation augmentant avec la durée du chauffage, pour être déjà très notable après 90 minutes; 3° qu'à la température de 68°, l'antitoxine agit encore sur le venin. Donc les expériences des auteurs n'ont pas la signification précise qu'ils leur prêtent. J'ai pu, en me plaçant dans des conditions plus parfaites que celles qu'ils avaient adoptées, établir que l'antitoxine agit réellement sur le venin et que cette action s'accomplit *in vitro* avec une très grande rapidité.

ANATOMIE. — *Sur les homologies des muscles du membre postérieur des Reptiles.* Note de M. **Fougerat**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le membre postérieur des Reptiles offre dans sa myologie une évolution à deux phases distinctes, savoir : 1° première phase (ou état de devenir) dans laquelle des muscles, tendons et ligaments, par l'association de leurs dispositions mal individualisées et non homologables constituent un ensemble de cordages en partie parasquelettiques. Cet ensemble est rationnellement organisé et jouit d'un certain degré d'indépendance à l'égard de la division des axes osseux sous-jacents; 2° deuxième phase (ou état devenu) dans laquelle des muscles tendons et ligaments sont au contraire caractérisés par leur dépendance étroite à l'égard de la division du squelette en axes principaux et par leurs attaches disposées et proximalement et distalement de façon à les maintenir appliqués sur ces derniers. De là découle pour eux une homologie manifeste. Les muscles tendons et ligaments demeurés dans la première phase ont deux centres de convergence : 1° un centre péricoxofémoral; 2° un centre rétropost-tarsien; et de l'un à l'autre de ces centres ils offrent des dispositions réciproquement complémentaires. Les autres, au contraire, parvenus à la deuxième phase, ont un seul centre de convergence : le genou. Mais des Sauriens aux Croco-

diliens et aux Chéloniens une évolution se dessine tendant à faire passer les dispositions non homologables de la première dans la seconde phase.

Cette évolution, contrairement à l'opinion d'A. Perrin (*Thèse de doctorat ès sciences*, 1893), ne dérive pas directement de la myologie plus primitive des Urodèles. Car chez ceux-ci il y a seulement deux ensembles de cordages parasquelettiques dont le premier englobe le bassin, dont le deuxième englobe le tarse. Par suite, le membre postérieur en s'hypertrophiant chez les Anoures devait forcément produire une soudure du bassin, un axe tibiotarsopédieux doublement coudé à parties inséparables et une réduction extrême ou suppression de la queue. Chez les Reptiles au contraire le double dégagement du bassin et du tarse, par des dispositions formant intersection, détermine dans les cordages musculotendino-ligamenteux les trois modes de convergence vers les trois centres déjà signalés. Ce dégagement rend dès lors possible l'évolution dans le sens Vertébré supérieur, car celle-ci a pour conditions essentielles au membre postérieur : 1° le rapprochement jusqu'à coïncidence entre la direction résultante de la puissance (poussée du membre) et la direction résultante de la résistance (pesée du corps); 2° la possibité pour les dispositions produisant l'état dynamique locomoteur d'assurer l'état statique dont il est précédé et suivi. Ces conditions ne sont pas encore réalisées chez les Reptiles et sans le dégagement dont il s'agit aucune d'elles ne pourrait être remplie pour permettre l'évolution des Reptiles aux Vertébrés supérieurs. En effet, par suite : 1° de la grande prépondérance de la masse du tronc sur la masse des membres; 2° des mouvements de latéralité truncocaudaux il y a : (α) situation appendiculaire du membre à côté du tronc; (β) sustentation centrale de celui-ci; (β) sustentation ventrale de celui-ci; (γ) nécessité de dispositions pour rabattre tout le membre au long de la queue; (δ) puis nécessité de bridements péricoxofémoraux, et enfin (ε) nécessité d'un arc-boutant latéral crurojambien.

Dès lors, parmi ces cordages qui chez les Urodèles vont du tronc au pied il faut chez les Reptiles des intersections de dégagement en deçà et au-delà de l'arc-boutant crurojambien. Celles existant en deçà permettent la locomotion par la seule poussée des membres (fait non réalisé chez les Urodèles); celles existant au delà sont compensatrices des bridements péricoxofémoraux; elles déterminent dans le pied des complexités extrêmes. En outre des liens unissent l'ensemble non homologable péricoxofémoral à l'autre non homologable rétropost-tarsien. Tout cela coïncide avec une incomplète division du travail entre les parties. Que maintenant insérées

aux os coxaux dégagés eux-mêmes du membre, certaines dispositions placent l'arc-boutant crurojambien dans un plan vertical, *ipso facto*, les parties produisant l'état dynamique locomoteur assureront l'état statique et l'évolution s'effectuera dans le sens Vertébré supérieur : les cordages désormais tous appliqués sur les axes squelettiques deviendront homologables en se simplifiant du fait de la division du travail. Celle-ci est en effet le facteur essentiel déterminant l'homologabilité. Ainsi s'établissent les homologies musculaires. Mais pour arriver à les comprendre et à élucider par suite la grosse question des homologies (importante puisqu'elle est la base de toute une science : l'Anatomie comparée), il est nécessaire d'étudier méthodiquement les dispositions non homologables. Or l'étude de ces dernières ne saurait être faite par la méthode traditionnelle d'isolement et de description d'entités anatomiques; car cette méthode seule utilisée dans tous les travaux relatifs à la myologie du membre postérieur chez les Reptiles est seule cause des données artificielles et des erreurs où aboutissent tous ces Ouvrages. La nécessité s'impose donc d'une autre méthode appropriée à la recherche des états de devenir ou dispositions non homologables. Celle employée dans la circonstance consiste à chercher les rapports des faits en tant que relativités causales et que relativités conséquentes. Elle se maintient systématiquement dans le domaine du relatif, seul domaine accessible aux données du transformisme et s'oppose nettement à la méthode traditionnelle dérivée des antiques croyances à un absolu préétabli, c'est-à-dire dérivée du causefinalisme. Cette nouvelle méthode est applicable non seulement à l'étude des muscles tendons et ligaments, mais encore à celle de dispositions d'un autre ordre existant non homologables chez les Sauriens, comme on le verra plus tard. Elle devrait être applicable pareillement à la recherche de toutes dispositions non homologables qui, à coup sûr, se montreraient, à seulement les chercher, nombreuses chez les Invertébrés.

BIOLOGIE. — *Sur quelques tropismes.* Note de M. **Rose**, présentée par M. Yves Delage.

Héliotropisme. — Nous l'avons étudié chez les Daphnies (*Daphne longispina*).

Dans l'eau ordinaire, à l'obscurité, les animaux prennent une répartition régulière. Si l'on éclaire le vase horizontalement, ils se groupent du côté le plus éclairé. Leur

héliotropisme est positif. Les acides $\left(HCl\ \frac{N}{500},\ SO^4H^2\ \frac{N}{500},\ \text{etc.}\right)$ renforcent cette action, mais surtout CO^2. Dans un vase qui en contient, les animaux nagent vers la source, littéralement embrochés par les rayons lumineux. $NaOH\ \frac{N}{500}$, $CaCl^2\ \frac{N}{250}$ laissent les animaux très positifs. L'urée $\frac{N}{50}$ les rend très positifs, de même l'urate de potassium, un peu moins actif cependant. $KCl\ \frac{N}{300}$ diminue fortement et même détruit la réaction. $MgCl^2\ \frac{N}{250}$ l'affaiblit également.

Les substances qui prennent naissance dans le corps semblent exagérer l'héliotropisme.

L'âge influe sur le sens de la réaction; ainsi de vieilles Daphnies sont souvent négatives dans des conditions où les jeunes sont très positives.

L'intensité lumineuse a aussi un grand rôle; une intensité trop forte peut renverser le sens de la réaction. Ce sont les radiations violettes, bleues, un peu les vertes qui sont actives; la partie jaune et rouge du spectre est sans action directrice.

La température a une grosse influence sur le sens de l'héliotropisme. Au-dessous de 18°,5, les Daphnies sont positives pour la lumière solaire directe. Au-dessus de 22°,4, elles sont négatives. De 18° à 22°, il y a une zone critique où le tropisme s'atténue fortement ou disparaît. Mais, dans cette zone, les animaux sont très sensibles aux moindres variations d'intensité lumineuse.

Sensibilité lumineuse différentielle.

Toute variation lumineuse brusque produit un déplacement vertical des animaux en expérience. Si l'intensité croît brusquement, ils s'enfoncent; si elle décroît, ils s'élèvent. La variation doit être brusque et atteindre au moins une certaine valeur qui est fonction de l'intensité originelle de la source.

La loi de Weber s'applique intégralement aux oscillations verticales des Daphnies. L'intensité doit toujours varier de la même fraction de sa valeur pour produire un déplacement vertical.

Une bougie à $1^m,50$ doit être rapprochée brusquement de 10^{cm} pour produire un déplacement vertical; un bec papillon, une lanterne à acétylène, un bec Auer, 4 bougies doivent être déplacées respectivement de 30^{cm}-35^{cm}, 50^{cm}, 75^{cm}-80^{cm}, 35^{cm}-40^{cm} pour arriver au même résultat. Les intensités relatives sont 1; 3,097; 4,84; 7,64; 4.

Thermotropisme.

Il semble net chez les Daphnies. Si l'on chauffe par-dessous, avec un dard de chalumeau, un vase qui en contient, on les voit se précipiter comme des flèches sur le point chauffé.

Sensibilité thermique différentielle.

Toute variation thermique brusque provoque un déplacement vertical. Si la tem-

pérature grandit brusquement, il y a chute instantanée; si elle baisse, les Daphnies s'élèvent, mais moins vite. Une variation continue et lente n'agit que très tard. La loi de Weber doit encore s'appliquer.

La répartition verticale des Daphnies est fonction : 1° de l'intensité lumineuse; 2° de la température des couches d'eau superposées.

Ces deux actions doivent contribuer dans une large mesure à régler le niveau de flottaison d'un grand nombre d'animaux planktoniques.

Galvanotropisme.

A peu près nul chez les Daphnies, il est très net chez les *Gammarus* d'eau douce, les Gardons, les Lymnées.

Les *Gammarus* se portent au pôle négatif, les Gardons au pôle positif. Le courant peut permettre la séparation des deux espèces dans un aquarium.

Si l'anode est garnie de pointes, les Gardons se précipitent sur elle, s'embrochent et se tuent; pour un courant convenable, si l'anode est un filet métallique souple, ils se jettent dans l'engin et se prennent.

Stéréotropisme.

Très intense chez *Gammarus*. On peut faire un piège à *Gammarus* en repliant une toile métallique plusieurs fois sur elle-même.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la symbiose du bacille butyrique en culture avec d'autres microbes anaérobies.* Note de M. G. **Seliber**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons voulu étudier les conditions de culture et les modifications qui se produisent dans les produits de fermentation quand on cultive en symbiose le bacille butyrique avec les bacilles perfringens et putrificus.

Les milieux de culture employés ont été :

Milieu A.

Petit lait	1^l
Glucose	15^g
Peptone Chapoteaut	10^g
Gélatine	3^g

Milieu B.

Solution nutritive minérale de Grimbert [1]	1^l
Peptone Chapoteaut	$2^g,5$
Glucose	20^g

[1] *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. VII, 1893, p. 359.

Milieu C.

Milieu B auquel on ajoute $7^g,5$ de peptone.

Milieu D.

Milieu B auquel on ajoute $12^g,5$ de peptone.

La plupart de ces milieux avaient la réaction alcaline, mais en outre ils contenaient du carbonate de calcium précipité. Les cultures étaient pratiquées en série selon la technique déjà indiquée [1] et ensemencées simultanément avec des germes de cultures jeunes (18 à 24^h) de chaque microbe.

La vigueur du développement du bacille butyrique était jugée d'après la quantité d'acides volatils formés, l'examen microscopique servant de contrôle.

I. Le bacille putrificus en symbiose butyrique se développe bien dans le milieu C (en présence de carbonate de calcium) ainsi que dans le milieu D. Ce développement se manifeste par l'odeur caractéristique dégagée des cultures et par la diminution de la quantité des acides volatils de la fermentation butyrique.

Le bacille perfringens en symbiose butyrique se développe bien dans le milieu D (expérience sans carbonate de chaux).

Au contraire dans les autres milieux (A et B), le bacille butyrique prend le dessus sur les bacilles perfringens et putrificus.

II. Si, dans certaines conditions de milieu, le bacille butyricus en symbiose avec les microbes cités arrête leur développement, ces microbes à leur tour, peuvent avoir une influence sur les produits de la fermentation butyrique (acides volatils).

Le Tableau ci-après montre quelques valeurs d'acides formés avec ou sans symbiose. La quantité d'acide mesurée dans chaque analyse est exprimée par le nombre de centimètres cubes d'eau de chaux employés pour la neutralisation de 100^{cm^3} distillés pour la détermination des acides d'après la méthode de Duclaux : 21^{cm^3} de cette eau de chaux correspondant à 10^{cm^3} de $SO^4H^2 \frac{N}{10}$.

---

[1] *Comptes rendus* du 17 mai, p. 1267.

Série I. — *Cultures en milieu* B *avec* CO^3Ca.

					Durée.
Bac. butyricus (4 cultures pures).....	56,2	58,7	56	58,6	7 jours
Bac. butyr. + bac. perfringens (4 cultures)..	54,8	55,4	64,9	72,8	Id.
Bac. butyr. + bac. putrificus (4 cultures)...	55,3	61,9	64,9	71,8	Id.

Série II. — *Cultures en milieu* C *avec* CO^3Ca.

Bac. butyricus (4 cultures pures).....	55,8	55,8	57,8	53,8	7 jours
Bac. butyr. + bac. perfringens (3 cultures)..	59,9	66,1	67,9	»	Id.
Bac. butyr. + bac. putrificus (3 cultures)...	42,5	47,3	47,3	»	Id.

Série III. — *Cultures en milieu* A *avec* CO^3Ca.

Durée de la fermentation :	3 jours.	4 jours.	7 jours.
Bac. butyrique pur (4 cultures).....	69,8	92,4	90 et 95,3
Bac. butyr. + bac. perfringens (2 cultures).	»	126,6	139,6
Bac. butyr. + bac. putrificus (2 cultures)...	77,5	»	113,9

Cultures pures de 7 jours de bacilles : perfringens 18,5
» » » : putrificus..... 21,3

En comparant les chiffres d'acidité obtenus avec les cultures en symbiose (3 à 7 jours) aux chiffres correspondants obtenus avec les cultures de bacille butyrique pur, on constate que, dans un grand nombre de cas, la quantité d'acides volatils a augmenté dans les cultures symbiotiques.

Dans ces cultures, l'emploi de la méthode de Duclaux a permis de différencier la nature des acides volatils :

Moyennes des rapports de Duclaux pour la série II.

Volumes distillés.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
Bac. butyr. + bac. perfringens..	37,4	47,9	57,5	66,7	74,8	83,0	90,5	100
Bac. butyr. pur.....	35,2	45,9	55,1	64,5	73,5	82,5	90,2	100
Bac. butyr. + bac. putrificus...	33	42,0	51,8	61,0	69,0	79,0	87,8	100

Il résulte des rapports que nous venons de citer que, dans les cultures symbiotiques (butyrique + perfringens), l'acide butyrique se trouve en plus grande quantité dans les cultures symbiotiques (butyrique + putrificus) où le développement du bacille putrificus gêne la fermentation butyrique, l'acide butyrique se trouve en moindre quantité.

Les cultures en symbiose, où le bacille butyrique arrête le développement des bacilles perfringens et putrificus, offrent presque toujours une augmentation de la quantité d'acides volatils dans leurs produits de fermentation.

Cette augmentation peut être causée par un accroissement de la fonction fermentative du bacille butyrique en symbiose. Il est possible aussi que les autres microorganismes donnent eux-mêmes au début de leur développement une petite quantité d'acides; dans ce cas, la mesure des rapports de Duclaux devrait donner pour les cultures symbiotiques des chiffres inférieurs à ceux du bacille butyrique pur [1]. Or, dans nos essais de symbiose, ces chiffres sont le plus souvent supérieurs ou égaux aux chiffres obtenus avec les cultures butyriques pures. C'est pourquoi on est en droit de conclure que le bacille butyrique produit en symbiose une acidité totale plus grande ou bien qu'il produit de l'acide butyrique en plus grande quantité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la variabilité du pouvoir protéolytique de la bactéridie charbonneuse.* Note de M. **Jean Bielecki**, présentée par M. E. Roux.

Pour étudier l'activité protéolytique de la bactéridie charbonneuse on l'ensemence dans un milieu nutritif; après développement on arrête la culture par addition d'un peu de toluène, et l'on plonge dans celle-ci l'extrémité de petits tubes gradués de 1^{mm} de diamètre intérieur remplis de gélatine. La hauteur de gélatine dissoute en un temps donné, appréciée en fractions de millimètre, mesure le pouvoir diastasique de la culture [2].

La première constatation qui frappe dans ces expériences c'est l'inconstance de la faculté protéolytique des bactéridies, même lorsqu'elles sont cultivées dans les milieux identiques et qu'elles sont issues d'une seule colonie [3]. C'est là une difficulté considérable lorsqu'on veut étudier systématiquement l'influence de la composition du milieu sur cette fonction de la cellule.

J'ai cherché comment on pouvait expliquer cette inconstance et tourner la difficulté. Il est vraisemblable que dans une culture se trouvent des bactéridies douées à un degré différent du pouvoir protéolytique, et j'ai voulu essayer de les sélectionner par des ensemencements successifs [4].

---

(1) *Comptes Rendus* du 17 mai, p. 1268.

(2) Malfitano, *C. R. Soc. de Biol*, 9 janvier 1904.

(3) Mlle E. Lazarus, *C. R. Soc. de Biol.*, 22 mai 1909.

(4) Ces recherches sont la continuation du programme d'études sur la protéolyse microbienne, que M. Malfitano poursuit avec quelques collaborateurs à l'Institut Pasteur depuis 1898.

Expérience. — Cinq tubes de peptone Defresne à 2 pour 100 sont ensemencés uniformément avec des bactéridies puisées dans une même colonie; après 3 jours de développements à 36° le pouvoir protéolytique de 5 cultures est :

a 2,8; *b* 3,5; *c* 4,0; *d* 2,5; *e* 4,2. Moyenne 3,4.

Avant la mesure de l'activité protéolytique chacune de ces cultures était à son tour ensemencée dans de nouvelles séries de 5 tubes.

On a choisi le terme *e* comme le plus et le terme *d* comme le moins protéolytique, et l'on a examiné parmi les nouvelles séries celles ensemencées avec *e* et *d*. Avant d'y plonger les tubes de gélatine on avait prélevé la semence pour les séries successives, Voici les résultats :

ea 6,2; *eb* 0; *ec* 0; *ed* 1.2; *ee* 3,5. Moyenne 2,1.
da 5.7; *db* 0; *dc* 2,0; *dd* 0; *de* 6,4. Moyenne 2,8.
eaa 2,0; *eab* 1,4; *eac* 1,4; *ead* 1.6; *eae* 1.9. Moyenne 1,6.
dba 1,8; *dbb* 1,8; *dbc* 1,8; *dbd* 1,8; *dbe* 1.9. Moyenne 1,8.

On voit que les moyennes de ces séries ne diffèrent pas sensiblement entre elles et sont inférieures à celles de la culture primitive.

Au lieu de réussir à sélectionner les bactéridies on aboutit à des cultures moins actives. Des tentatives pareilles avec d'autres races de bactéridies cultivées dans des solutions de différentes peptones n'ont pas donné un meilleur résultat. La présence de la peptone dans les milieux paraît entraîner une perte de l'activité protéolytique; et j'ai pu le constater encore mieux en m'adressant à des races récemment isolées d'autopsie d'animaux charbonneux. Les cultures successives étaient dans ce cas de plus en plus abondantes et de moins en moins protéolytiques.

Dans le milieu Frænkel qui ne renferme pas de peptone, le pouvoir protéolytique de la bactéridie persiste davantage et va même en augmentant dans les cultures successives. Celles-ci ne peuvent être réussies qu'en alternant les cultures en milieu Frænkel avec les cultures en milieu peptoné.

Voici les chiffres exprimant le pouvoir protéolytique après 4 jours de séries de cultures faites alternativement et successivement dans ces différents milieux :

Peptone Defresne....	3,7	2,6	2,6	3,7	Milieu Frænkel..	0,2	1,9	2,8	2,9
» Witte alc...	0	0	0,2	0,3	» ..	0,8	1,2	1,3	2,0
» Witte acide.	4,0	3,4	3,2	3,8	» ..	0,5	1,6	1,9	2,6

Le pouvoir protéolytique croît-il au fur et à mesure que les vieilles cellules se désagrègent par autolyse et des nouvelles se développent dans les milieux ? S'il en est ainsi, les vieilles cultures doivent être plus protéolytiques

que les jeunes. Cela ne se vérifie pas toujours. Au contraire, j'ai pu mettre en évidence le fait que par une autolyse avancée des cellules préexistantes d'une part et par le développement de nouvelles générations de cellules d'autre part, le pouvoir protéolytique peut soit augmenter, soit diminuer.

Expérience. — Une série de cultures est partagée en trois lots : le premier est placé dans la glace pour arrêter le développement, les deux autres sont chauffés à 45°-50° de 1 à 4 heures. Une partie de ces tubes chauffés, où les bactéridies étaient fortement autolysées, était mise dans la glace, l'autre partie à l'étuve où les spores germent et donnent une nouvelle génération de bactéridies. Ensuite on examine comparativement le pouvoir protéolytique de toutes ces cultures.

On aurait pu croire que dans les trois lots successifs le pouvoir protéolytique aurait dû aller en augmentant; il n'en est rien. Telles cultures étaient plus actives après le chauffage et telles autres moins actives. Tantôt le développement de nouvelles cultures augmentait le pouvoir protéolytique et tantôt il l'abaissait jusqu'à l'abolir complètement.

Les produits de l'autolyse peuvent donc gêner l'activité diastasique; les nouvelles cellules peuvent détruire la diastase formée par les générations précédentes.

Bien que l'expérimentation ait été ramenée à des conditions relativement simples, ces phénomènes de la protéolyse microbienne sont encore très compliqués. Il n'est pas inutile que ces faits soient connus pour éviter les difficultés que présente leur étude.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains paléozoïques de la Nouvelle-Zemble.* Note de M. V. **Roussanof**, présentée par M. A. Lacroix.

Les terrains paléozoïques les plus anciens de la Nouvelle-Zemble se trouvent sur la côte Est, le long de la mer de Kara. Ce sont surtout des schistes argileux ayant de 1000^m à 1500^m d'épaisseur au moins. Ces schistes, très plissés et disloqués, sont orientés généralement NNE ou NE, comme tous les autres terrains paléozoïques de l'île.

En l'absence de données paléontologiques et en me basant sur les caractères stratigraphiques et lithologiques, j'attribue ces schistes au Silurien inférieur ou même peut-être au Cambrien.

En effet, au centre de la Nouvelle-Zemble, vers le 74e degré de latitude, sur une petite presqu'île, au fond du golfe Nesnaemy, ces schistes semblent passer sans discordance aux schistes verdâtres à *Gonioceras*, genre de Céphalopodes, complètement

inconnu en Europe, mais très caractéristique du Silurien inférieur de l'Amérique du Nord.

Les schistes à *Gonioceras* sont à leur tour surmontés par une bande de 12^{m} d'épaisseur de schistes gris foncé, quelquefois bruns, à *Calymene clintoni* Vanux., *Prœtus* cf. *waigatschensis* Tschern., *Leperditia formosa* Barr., *Beyrichia* cf. *Hallii* Jones, *Orthoceras decipiens* Barr., *O. Richteri* Barr., *O. truncatum* Barr., *O. Bohemicum* Barr., *O.* cf. *imbricatum* Wahl., *O.* cf. *Steiningeri* Barr., *O. rectiannulatum* Hall., O. *amplicameratum* Hall., *O.* cf. *multiseptum* Hall., *O.* cf. *latiannulatum* Hall., *Cyrtoceras normatum* Barr., *C. Stygiale* Barr., *C. imbricans* Barr., *C. consimile* Barr., *C. contrastans* Barr., *C.* cf. *latens* Barr., *C.* cf. *medullosum* Barr., *C. simulans* Barr., *C. neleus* Hall., *C. multicameratum* Hall., *C. Houghtoni* Clarke, *Oncoceras Carveri* Clarke, *On. plebeium* Hall., *On.* cf. *minesotens* Clarke, *Triptoceras* cf., *planodorsatum* Whit., *Planitrocus amicus* Barr., *Cyclotropis indocilis* Barr., *Straparollus sodalis* Barr., *Callomena amabile* Barr., *Phymatifer plicatulus* Barr., *Sinuspira tenera* Barr., *Murchisonia vittata* Hall., *Avicula* cf. *pseudomira* Barr.

Cette faune a un caractère mixte, mais les espèces de l'étage E 2 (Silurien supérieur) de Barrande dominent sur les formes voisines du Silurien inférieur de l'Amérique du Nord.

Puis viennent des couches franchement gothlandiennes à Céphalopodes très spéciaux : *Karoceras* n. g. (*Cyrtoceras*) *laminare* Barr., avec *Cyrtoceras velox* Barr., *C. abditum* Barr., *C. omissum* Barr., *C. decipiens* Barr., *C. retroflexum* Barr., *C.* cf. *Alina* Barr.

Les terrains siluriens se terminent, sur la côte Ouest de la presqu'île du golfe Nesnaemy, par des schistes à *Strophomena corrugatella* David et à *Orthoceras decipiens* Barr.

Plus à l'Ouest, à l'intérieur de l'île, on trouve des couches isoclinales abrasées et maintes fois répétées d'un calcaire coralligène. Ces couches appartiennent au Dévonien inférieur et au Dévonien moyen.

Sur le bord de l'océan Glacial, au milieu d'une presqu'île que j'ai nommée *presqu'île du Glacier*, j'ai trouvé un gisement très fossilifère. Là, des calcaires noirs contiennent :

Orthoceras annulatum Sow., *O. urbanum* Barr., *O.* cf. *Vicarii* Whidb., *Cyrtoceras citum* Hall., *Trochoceras obliquatum* Philipps, *T. distortum* Barr., *T.* cf. *Vicarii* Whidb., *T.* cf. *Barrandei* Hall., *Nautilus insperatus* Barr., *Phragmoceras* n. s., *Bellerophon Hicksii* Whidb., *B. Thalia* Hall., *Pleurotomaria sulcomarginata* Hall., *P. neapolitana* Whidb., *Michelina depressa* Rœm., *Euomphalus* cf. *circularis*

---

(1) Roussanof, *Sur le Silurien de la Nouvelle-Zemble* (*Comptes rendus*, 12 juillet 1909).

Philipps, *Avicula ala* Barr., *Cyathophyllum Sedgwicky* Mil. Edw., *Favosites gothlandica* Lin., *F. asper* d'Orb., *F. Goldfussi* d'Orb., *Aulopora serpens* Goldf.

J'ai observé dans la partie occidentale de la Nouvelle-Zemble, sur la côte Nord du golfe Krestovaïa, à l'ouest de la montagne Stanovaïa, une falaise de calcaire gris anthracolithique à *Productus cora* d'Orb., *P. tenuistriatus* Verneuil, *P. lineatus* Waagen, *P. gruenwaldti* Krotow, *P. impressus* Toula, *Athyris ambigna* Sow., *Posidonella variabilis* Brown. Ce sont des fossiles de l'étage ouralien et de l'étage permo-carbonifère de géologues russes.

J'ai trouvé un autre gisement anthracolithique dans le golfe Machiguina, à 80^{km} au nord du précédent. C'est un calcaire gris à *Productus* cf. *cancriniformis* Tschern., *Spirigera ambigna* Sow., *Dielasma boliviens* Morton, *Fenestella* cf. *Morrisii* M. Coy.

Un troisième gisement de même âge, avec des fossiles admirablement conservés, m'a été signalé par un botaniste, M. Simanovsky, sur la même côte occidentale, au sud du Matolchkin-Char, en amont d'une petite rivière Pestchanka, à une centaine de kilomètres au sud du gisement du golfe Krestovaïa. Malheureusement je n'ai pu encore explorer ce gisement; M. Simanovsky m'a donné un échantillon de *Cyathophyllum timanicum* Lebedew. Ce fossile est caractéristique du Carbonifère de la chaîne du Timane. On avait souvent rapproché le Timane de la Nouvelle-Zemble, mais jusqu'à présent sans aucune raison paléontologique sérieuse.

L'épaisseur des couches anthracolithiques ne paraît pas moins grande que celle des couches du Dévonien; elle atteint certainement plusieurs centaines de mètres.

La grande épaisseur de toute cette série sédimentaire, son uniformité lithologique et paléontologique du Nord au Sud, dans le sens longitudinal de l'île, en opposition avec les changements brusques des facies dans le sens transversal, de l'Est à l'Ouest, enfin l'existence de roches métamorphiques, comme des micaschistes dans le golfe Sulmeneva du Nord, nous paraissent démontrer l'existence d'un ancien géosynclinal, orienté, pendant les temps primaires, dans le sens de l'allongement actuel de la Nouvelle-Zemble.

Au Silurien inférieur et moyen, des couches très épaisses ont été déposées dans une mer profonde à *Orthoceras*.

A la fin du Silurien et surtout au Dévonien, la profondeur de la mer à *Cyrtoceras* et *Trochoceras* paraît être considérablement diminuée et les récifs coralliens d'une mer chaude prospèrent sur l'emplacement actuel de l'océan Glacial. La mer Anthracolithique à *Productidés* ne paraît pas avoir été plus profonde que la mer Dévonienne à *Favositidés*.

Une discordance importante sépare les couches du Dévonien moyen et de l'Anthracolithique; elle se révèle aussi bien par les données paléontologiques que par les observations stratigraphiques. On constate dans la série paléozoïque une lacune au-dessus du Dévonien moyen. Parmi les 212 espèces fossiles que j'ai déterminées, je n'en peux citer, avec certitude, aucune qui appartienne exclusivement soit au sommet du Dévonien, soit à la base du Carbonifère. Sur beaucoup de points du bord occidental de la Nouvelle-Zemble j'ai pu observer, en effet, des conglomérats et des brèches très épaisses, séparant le Dévonien moyen de l'Anthracolithique.

Des diabases basiques et très altérées sont largement développées au nord et au sud du 74e degré de latitude. Sur la presqu'île du Glacier, les filons de diabases s'entrecroisent en réseau à travers les calcaires. Ces diabases, étant plus récentes que les calcaires, leur âge est probablement anthracolithique supérieur. D'ailleurs ces roches éruptives sont redressées et quelquefois plissées par un mouvement orogénique intense. L'intrusion des diabases doit être contemporaine des plissements hercyniens.

GÉOLOGIE. — *Un horizon fossilifère dans le Muschelkalk de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne).* Note de M. **A. Doby**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans les Vosges méridionales, le Muschelkalk se distingue par la pauvreté de sa faune et même, dans la région de Bourbonne-les-Bains, il a longtemps passé pour dépourvu de fossiles; récemment nous avons découvert dans une carrière ouverte à 600m à peine de la ville, au lieu dit *Les Joyeux*, un banc fossilifère, aussi remarquable par le nombre que par la taille des individus.

Le tableau suivant montre le niveau qu'occupe ce banc fossilifère dans la série des couches constituant le Muschelkalk, au sud-ouest de Bourbonne-les-Bains :

Kohlenkeuper : *Lettenkohle.*

2. Grès jaunâtre à grain fin (8m).
1. Argile grise, avec traces charbonneuses (1m,50).

Muschelkalk supérieur : *Assise supérieure* (31m).

8 (altitude 329m). Calcaire gris de fumée (*Nautilus*, *Pecten*), en bancs de 0m,15 à 0m,40 (5m).

7. Marne schisteuse et calcaire feuilleté bleuâtre (2^m).

6. Calcaire blanc jaunâtre, parfois silicifié, avec agates, en dalles de $0^m,02$ à $0^m,05$ (12^m).

5. Calcaire en bancs minces, décalcifié à l'affleurement (8^m).

4. Sable et calcaire feuilleté (2^m).

3. Argile jaune ($0^m,60$).

2. Sable calcaire cristallin, avec polypiers? ($1^m,25$).

1. *Zone à Pemphyx.* Calcaire sableux avec *Pemphyx*, *Myophoria*, *Mytilus*, *Lima*, *Avicula*, *Hörnesia*, *Chemnitzia*, *Natica* ($0^m,15$).

Assise inférieure (25^m).

8 (altitude 298^m). Calcaire fissile, grenu et subcristallin, en bancs de $0^m,10$ à $0^m,15$ ($1^m,50$).

7. Calcaire compact, gris de fumée, avec druses tapissées de cristaux rhomboédriques (*Lima striata*), en bancs de $0^m,05$ à $0^m,56$ (5^m).

6. Calcaire blanc crayeux, empâtant des cristaux de calcite ($1^m,20$).

5. Sable et gravier ($2^m,50$).

4. Calcaire roux en bancs de $0^m,25$ à $0^m,30$, avec débris de Sauriens (2^m).

3. Calcaire en plaquettes, avec enduit manganésé et nombreux granules manganoferreux ($1^m,50$).

2. Bancs de $0^m,05$ à $0^m,10$ de calcaire sableux scoriacé, souvent fragmenté, avec intercalations, à divers niveaux, de sable calcaire et de gravier. Silex à la base (10^m).

1. Brèche calcaire (2^m) et sable oolithique ($0^m,30$).

Muschelkalk moyen : *Assise supérieure* (9^m).

3. Dolomie grenue vacuolaire, gris verdâtre, à *Encrinus liliiformis* et dents de Poissons (*Acrodus minimus*), en dalles de $0^m,05$ à $0^m,10$ ($3^m,20$).

2. Calcaire dolomitique, gris rosé, en bancs de $0^m,30$ à $0^m,40$, séparés par des argiles vertes ($4^m,10$).

1. Sable quartzeux à grain fin ($1^m,50$). Marnes et dolomie en plaquettes ($0^m,20$).

Assise inférieure (50^m).

2. Marnes bariolées, avec gypse, sans sel gemme (45^m).

1. Marnes schisteuses alternant avec des psammites micacés schistoïdes (5^m).

Le niveau fossilifère, récemment découvert, se trouve à la cote 298^m. Ce niveau paraît constant, aussi l'avons-nous pris pour base d'une nouvelle division du Muschelkalk supérieur en deux sous-étages, un peu différente de celle adoptée par l'auteur de la *feuille de Langres*. Les vestiges d'organismes apparaissent à la partie inférieure d'une couche de sable, consolidée, sur une épaisseur de $0^m,06$ à $0^m,15$ en calcaire sableux, reposant sur une

dolomie grenue et subcristalline, dont la surface porte des traces nombreuses d'érosion et des débris d'Algues de la famille des Dasycladées, probablement du genre *Diplopora*. Une couche d'argile jaune, épaisse d'environ $0^m,60$, recouvre le banc de sable. Dans ce calcaire où les eaux météoriques pénètrent facilement, le test des Mollusques a subi une dissolution complète, et si les moules et empreintes des coquilles ont été en partie épargnés, c'est grâce aux $0^m,60$ d'argile qui le recouvrent, car partout où la couche argileuse fait défaut, on ne trouve plus que des empreintes informes et indéterminables.

Outre ce banc fossilifère, nous avons rencontré, à divers niveaux dans les calcaires du Muschelkalk, d'autres fossiles, mais en petit nombre, parmi lesquels *Encrinus liliiformis* dans la dolomie verdâtre couronnant le Muschelkalk moyen et, plus haut, *Lima striata* dans un calcaire blanc grisâtre subcristallin. C'est en vain que nous avons cherché *Ceratites nodosus*, au-dessus de la zone à *Pemphyx*, et, au sommet du Muschelkalk, *Ceratites semipartitus;* mais nous y avons trouvé *Nautilus, Pecten* et çà et là des nids de fossiles agglomérés, au milieu de bancs qui en paraissent dépourvus.

Il ressort du tableau ci-contre que le Muschelkalk atteint, au sud-ouest de Bourbonne-les-Bains, une épaisseur visible de 116^m. Encore se trouve-t-on à la cote 329^m dans les calcaires bien caractérisés et inférieurs aux argiles de la Lettenkohle, et d'après ce qu'on voit au nord de la ville, à la cote de 347^m, on peut lui attribuer encore au moins 18^m de calcaires blancs friables, alternant avec des calcaires gris compacts. La puissance totale de la formation serait donc de 134^m.

GÉOLOGIE. — *Nummulitique helvétique et Nummulitique préalpin dans la Suisse centrale et orientale.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Henri Douvillé.

On a jusqu'à présent confondu, dans la Suisse centrale et orientale, le Nummulitique qui appartient bien effectivement à la nappe de Wildhorn, et une masse considérable de Flysch qu'il faut rattacher à un groupe de nappes plus élevées : le groupe inférieur des nappes préalpines. Le but de cette Note est de préciser certains points de la stratigraphie de ce Nummulitique helvétique et d'en séparer ce qui est préalpin.

1° *Nappe du Wildhorn.* — J'ai déjà fait connaître les changements de facies qui affectent le Nummulitique entre le Harder et les Ralligstöcke, et qui sont les mêmes qu'on observe plus à l'Ouest entre le Rawyl et les plis

frontaux de la nappe du Wildhorn ([1]); mais l'âge des grès du Hohgant restait indécis. Or ces grès contiennent jusqu'à leur partie supérieure *Nummulites aturicus*, *N. contortus-striatus* et *Orthophragmina discus;* c'est certainement là de l'Auversien, et cet âge auversien est confirmé par la présence de *Pectunculus Jacquoti*, *P. grandis*, *Modiola modioloïdes*, etc. de la Palarea, *Campanile defrenatum* de Roncà et *Clavella longæva* des sables moyens du bassin de Paris.

Ces grès de Hohgant sont envahis graduellement, vers le Nord-Est comme vers le Sud-Est, par le facies des schistes gréseux fauves, qui, dans la région du Schimberg, sont fossilifères; on y trouve, outre des Globigérines, une faune de Nummulites et de Mollusques des plus intéressantes, parce qu'elle établit un lien entre quatre faunes auversiennes jusqu'ici un peu isolées : la villa Marbella près Biarritz, la Palarea, le Niederhorn et Roncà; les espèces les plus importantes sont : *Num. aturicus*, *Brongniarti*, *N.* cf. *striatus; Pectunculus grandis* (Palarea, Niederhorn); *Dentalium nicense* (Palarea); *Cerithium Johannæ* (Villa Marbella); *Cerithium rarefurcatum* (Roncà); *Rimella multiplicata* (Palarea); *Rostellaria goniophora* (Palarea, Niederhorn); *Conus sulciferus* (sables moyens du bassin de Paris).

2° *Flysch préalpin.* — Dans la région de Habkern, les schistes priaboniens à Globigérines, avec intercalations répétées de bancs de Ralligmarmor, qui recouvrent les grès du Hoghant, sont coupés en biseau par le complexe du « Wildflysch », dont M. Beck a montré l'étroite liaison avec les « Leimernschichten », ou couches rouges du Crétacé préalpin; il contient, empaquetés à sa base, des blocs de Ralligmarmor; il est essentiellement constitué par des schistes argileux à Globigérines, broyés et contournés, et où s'intercalent (indépendamment des blocs exotiques):

1° Des grès et des quartzites verts, dits à tort *exotiques*, et contenant, là où le ciment calcaire est conservé, des Globigérines et des fragments de *Lithothamnium*, *Nummulites*, *Orthophragmina;* 2° ces quartzites verts passent à des brèches polygéniques, très glauconieuses, contenant aussi des débris de *Lithothamnium*, *Orthophragmina*, *Assilina*, et de Nummulites granuleuses des groupes de *N. Rouaulti et complanatus*, *établissant ainsi l'âge lutétien du Wildflysch de Habkern;* 3° des calcaires compacts, à nombreux petits Foraminifères (Globigérines), identiques aux parties blanc jaunâtre des couches de Leimern, mais, ici, d'âge certainement nummulitique. Il doit y avoir

---

([1]) Il faut donc considérer les plis du Waldegg, du Niederhorn et toute la chaîne du Hoghant, comme les équivalents des plis frontaux de la nappe du Wildhorn par rapport au grand anticlinal couché Mittaghorn-Harder; le synclinal de Habkern et de la région des Schlieren est donc un synclinal dans la nappe de Wildhorn.

aussi des bancs calcaires à *N. complanatus*, car j'en ai trouvé un bloc dans le lit du Bohlbach.

M. Lugeon a considéré le premier le Wildflysch de Habkern comme préalpin, et cette opinion est généralement adoptée aujourd'hui ; la détermination de l'âge lutétien la confirme absolument, puisqu'il repose en discordance sur du Priabonien. Mais plus loin vers le Nord-Est, dans la région du Schlieren, on a la même succession anormale. Au-dessus des schistes qui surmontent, soit les grès du Hohgant (Junkholz), soit les schistes gréseux fauves (Schimberg), on voit un système de schistes argileux noirs ou verdâtres, très tourmentés, à Globigérines, contenant des lentilles de quartzites verts et des calcaires fins à Globigérines (facies des couches de Leimern) et par places (Feuerstein, Unterrisch), des calcaires glauconieux ou un peu ferrugineux à *N. complanatus* et *Assilina ;* c'est du Lutétien préalpin, surmonté par la grande masse des grès, souvent tres bréchoïdes, des Schlieren (Silvanschichten), vraisemblablement priaboniens (on y trouve des débris d'*Orthophragmina*), et qu'il faut ranger aussi dans le Préalpin, comme M. Buxtorf en a déjà émis l'idée, sans en donner une démonstration précise.

C'est également au Préalpin qu'il faut attribuer la majeure partie du flysch subalpin, accompagné de Klippes, sur lequel reposent, sans flanc renversé, les chaînons frontaux de la nappe du Wildhorn; il possède un faciès tout différent du Nummulitique de ces chaînons : ce sont des schistes à Globigérines, avec des intercalations de calcaires à *Num. complanatus* et *Assilina* décrits par Kaufmann (Stein, Thoregg, etc.) ; exactement sur le prolongement de la même zone tectonique se trouvent les couches du lac de Lowerz, qui supportent aussi, sans l'intermédiaire d'un flanc renversé, le chaînon frontal Rigi-Hochfluh, et en continuité avec elles viennent les couches d'Einsiedeln-Steinbach, qui s'étalent largement entre Einsiedeln et Iberg, recouvrant complètement le front de la nappe helvétique, et supportant les Mythen; le même flysch remplit le synclinal Aubrig-Fluhbrig, et dans le Wildflysch du Bärlauibach on a trouvé une lentille de gypse. Tout cela est du Préalpin.

Les Préalpes ont enveloppé le front des nappes helvétiques dans la Suisse orientale comme dans la Suisse occidentale.

On sera sans doute amené plus tard à mettre dans le Préalpin le Flysch qui suit le front du Sentis (Flybach, etc.) et surtout celui de la zone helvético-bavaroise (Kressenberg, Mattsee, etc.) qui présente un facies identique. Cette zone est aussi accompagnée de Klippes; on y a découvert des conglomérats polygéniques et des blocs exotiques de granites du type de Habkern.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Rhinocéridés de l'Oligocène d'Europe et leur filiation.* Note de M. **Roman**.

Si les grandes lignes de l'évolution du groupe des *Rhinocéridés* fossiles, pendant le Miocène, le Pliocène et le Quaternaire, sont assez bien établies d'après des travaux récents, il n'en est pas de même des formes plus anciennes de cette famille, dont les rapports phylétiques laissent encore à désirer.

En reprenant l'étude des espèces oligocènes, j'ai été conduit à modifier plusieurs des filiations admises, et j'ai pu constater que l'on trouvait dès l'origine des formes très différentes et formant un plus grand nombre de rameaux qu'on ne l'avait pensé jusqu'à ce jour; les uns se raccordent facilement avec ceux du Tertiaire récent, les autres s'éteignent dès la fin de l'Oligocène.

Les *Rhinocéridés* sont, comme on le sait, une famille d'Ongulés d'origine très probablement américaine, immigrés en Europe vers le commencement de l'Oligocène. Leur arrivée coïncide avec celle des *Amynodontidés* (*Cadurcotherium*) et des *Achænodontidés* (*Entelodon*). Les plus anciens *Rhinocéridés* ont été trouvés dans les marnes de Ronzon (Sannoisien) par Aymard et plus récemment par M. Vasseur dans les molasses sannoisiennes du Fronsadais.

L'*Acerotherium velaunum* [1] de Ronzon, de grande taille et pourvu de fortes canines inférieures, est la souche de l'*A. Filholi* Osb. du Stampien.

Avec le Stampien, le groupe des *Rhinocéridés* se développe et montre les rameaux suivants :

I. Formes de petite taille à dentition supérieure continue, à prémolaires hétérodontes et bourrelet basilaire très développé, pourvues d'une canine supérieure assez forte opposée à une canine inférieure insérée verticalement sur le maxillaire. Un nom générique nouveau est nécessaire pour désigner cette série : Je propose le nom d'*Eggysodon* (εγγυς, près) (= *Ronzotherium* auct. non Aymard), type *Ronzotherium Osborni* Schlosser.

II. Formes de moyenne taille à dentition supérieure homéodonte et à canines inférieures à section triangulaire, aplaties en dessus : type du groupe *Acerotherium minutum* Cuvier (syn. excl.).

---

[1] Le nom *Ronzotherium* Aymard créé pour l'*Ac. velaunum*, qui est un véritable *Acerotherium*, doit disparaître de la nomenclature, d'autant plus qu'il a été employé par divers auteurs pour des espèces se rapportant à des groupes tout différents.

III. Très grandes espèces à dentition supérieure homéodonte, à molaires à vallée médiane largement ouverte, sans crochet ni anticrochet, et canines inférieures à section ovalaire, en forme de poignard : type du groupe *Acerotherium Filholi* Osborn.

IV. Espèces pourvues de deux cornes latérales nasales, à dentition homéodonte, molaires pourvues d'un crochet développé et d'un faible crochet antérieur, canines inférieures relativement faibles : genre *Diceratherium*, type *Rhinoceros pleuroceros* Duvernoy.

Avec l'étage Aquitanien apparaissent de très petites formes pourvues probablement d'une petite corne nasale, à dentition homéodonte, molaires à vallée rétrécie par un crochet et un anticrochet bien développés : forme aquitanienne du groupe *Ceratorhinus tagicus* Roman (type du genre *Ceratorhinus sansaniensis* Lartet).

Les diverses espèces de Rhinocéridés oligocènes peuvent se répartir de la façon suivante dans ces diverses séries :

Premier rameau. — Le genre *Eggysodon* débute dans le Stampien inférieur avec l'*E. Gaudryi* Rames des argiles de Brons (Cantal) et de Latou près Trémons (Haute-Garonne). Il se développe dans le Stampien moyen avec l'*E. Osborni* Schl. des phosphorites du Quercy et du bassin de Mayence (*Ronzotherium Reichenaui* Deninger); on le retrouve dans le Stampien supérieur du bassin de Paris (la Ferté Aleps).

A ce même genre il convient de rapporter *E. Pomeli* nov. sp. (*Rhinoceros Croizetti* Pomel) (1) du Stampien supérieur de Gannat et peut-être aussi *Rh. Cadibonnense* Rogers, encore trop incomplètement connu.

Deuxième rameau. — La série des *Acerotherium* de moyenne taille débute dans les mollasses du Stampien moyen du Sud-Ouest avec l'*A. albigense* nov. sp. et se continue dans le Stampien supérieur de Moissac (Lot-et-Garonne) par l'*Ac. minutum* Cuvier (synon. excl.) qui a été retrouvé au même niveau à Auzon, dans le Gard et à Pyrimont (Ain) (Aquitanien).

Troisième rameau. — Les grands *Acerotherium* débutent dès le Sannoisien avec l'*A. velaunum* de Ronzon et continuent par l'*A. Filholi*, espèce très répandue dans tout le Stampien : Allias (Gironde) dans le calcaire à Astéries; phosphorites du Quercy; La Milloque et la Comberatière (Lot-et-Garonne); Puy-Laurens (Tarn); environs de Marseille (Stampien supérieur); Pernes (Vaucluse), Stampien moyen; La Ferté Aleps, Stampien supérieur : Klein-Blauen, près Bâle (Suisse), etc.

Ce groupe passe dans le Burdigalien avec l'*Acerotherium platyodon* Mermier.

A côté de ces formes, et constituant peut-être un petit rameau parallèle, se trouve l'*Acerotherium lemanense* Pomel, de Gannat, Saint-Gérand-le-Puy (Allier), de la

(1) Le type de Pomel étant perdu, il est nécessaire de faire disparaître, au moins provisoirement, le nom de *Croizetti*, employé pour des Rhinocéridés divers, qui n'ont aucun trait commun.

molasse de Lausanne (Suisse), etc., qui se rattache à la série miocène de l'*Acerotherium incisivum*.

Quatrième rameau. — Les espèces du genre *Diceratherium* sont de petite taille au début et apparaissent dans le Stampien supérieur avec le *Dic. pleuroceros* Duvernoy des calcaires de Gannat et de Billy (Allier). On les retrouve dans les assises de passage de l'Oligocène au Miocène (Aquitanien *auct.*) avec le *Diceratherium asphaltense* Depéret et Douxami, de Pyrimont (Ain), puis dans le Burdigalien où ils sont représentés par le *Dic. Douvillei* Osborn.

Cinquième rameau. — Avec l'Aquitanien seulement apparaît le groupe des *Ceratorhinés* ou Rhinocéros à cornes, plus spécialement miocène. Le *Ceratorhinus tagicus* Roman, du Burdigalien inférieur de Lisbonne, ancêtre probable du *sansaniensis* Lartet, se retrouve avec tous ses caractères dès l'Aquitanien. A cette espèce doivent en effet se rattacher : la petite forme de Selles-sur-Cher (Loiret), celle d'Ulm (Bavière) et celles de la molasse grise de Lausanne (Suisse) et de Pyrimont (Ain).

On voit d'après cet exposé que, sur les cinq rameaux mentionnés, le premier apparaît au début du Stampien pour s'éteindre sans laisser de descendants dans le Stampien supérieur, et le dernier débute seulement dans les assises de passage de l'Oligocène au Miocène. Les trois autres se montrent dans tout l'Oligocène et se relient assez facilement aux séries du Miocène.

Il est en outre intéressant de remarquer que des formes de grande taille ayant déjà acquis tous les caractères des *Acerotherium*, telles que l'*A. velaunum*, étaient apparues dès le début de l'Oligocène, c'est-à-dire dès l'apparition des *Rhinocéridés* en Europe. Cette constatation implique nécessairement l'existence de formes ancestrales sur un autre point du globe.

A côté de ces espèces, et à la même époque, se développaient aussi des formes plus primitives que je rattache au genre *Eggysodon*, dont le degré d'évolution est tout à fait comparable à celle de certaines formes américaines, telles que l'*Acerotherium mite* et le *Leptacerotherium trigonodon*, indiquant que l'évolution des formes de *Rhinocéridés* se poursuivait à peu près parallèlement sur les deux continents avec des espèces distinctes.

Ces conclusions et les descriptions de ces différents types seront développées dans un travail plus étendu actuellement en préparation.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les nodules* (Septaria) *à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des* Ammonea. Note de M. **Fournier**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans la séance de la Société géologique de France du 7 février 1910, M. Douvillé a déjà signalé dans les nodules rapportés de Madagascar, par

MM. Callens et Bordeaux la présence d'Ammonites d'âge triasique et de Poissons.

M. Merle, contrôleur principal des Mines, qui vient de faire un long séjour dans l'île, a bien voulu me soumettre un nombre considérable de nodules renfermant aussi des Ammonites et des Poissons qui sont du même âge que ceux décrits par M. Douvillé.

En cassant quelques centaines de ces nodules, j'avais été, comme M. Douvillé, frappé de ce fait qu'un très grand nombre d'entre eux présentaient à leur intérieur une cavité centrale remplie le plus souvent d'une matière pulvérulente argileuse et siliceuse renfermant parfois un peu de calcaire, et dans laquelle une analyse qualitative sommaire m'a permis de déceler la présence du fer, d'une quantité notable de manganèse et d'un peu de cobalt.

J'avais remarqué, en outre, que dans les nodules allongés, non écrasés, cette cavité avait toujours la même forme et que ses parois présentaient des stries et ondulations régulières qu'il paraissait difficile d'expliquer autrement qu'en admettant la nature organique du corps ayant donné naissance à la cavité. Ce corps se compose de deux parties : l'une allongée un peu fusiforme, légèrement incurvée, mesure dans les échantillons de taille moyenne 5^{cm} à 6^{cm} de longueur; l'autre, réunie à la précédente par un étranglement, est grossièrement elliptique ou pyriforme et paraît avoir joué, par rapport à la précédente, le rôle d'une sorte de pédoncule; dans certains échantillons, ce pédoncule est replié sous la partie fusiforme. Les parois internes de la cavité sont souvent tapissées d'une matière charbonneuse provenant sans aucun doute d'un organisme.

Or, en examinant à la loupe plus de cent nodules présentant cette énigmatique cavité, nous avons découvert dans la gangue siliceuse qui l'enveloppe *un nombre incalculable de minuscules Ammonites* dont les plus grandes ont 3^{mm} à 4^{mm} de diamètre et les plus petites *environ un demi-millimètre;* un grand nombre d'entre elles sont réduites à leurs premières loges et parfois même à leur loge initiale. Dans certains échantillons, une seule surface de section présente une centaine au moins de ces petites Ammonites, ce qui suppose que le nodule entier en comporte au moins un millier, car, quelle que soit la direction dans laquelle nous avons opéré la section, nous avons toujours trouvé autant d'empreintes.

Les nodules à Poissons de la même formation ne paraissent pas, en général, présenter de traces de ces jeunes Ammonites, tandis qu'elles *abondent d'une façon constante* dans les nodules présentant la cavité que je viens de décrire. Si l'on tient compte, en outre, de la difficulté de la conservation d'organismes aussi frêles et du fait que ces jeunes Ammonites

n'occupant pas le noyau de la concrétion ne peuvent, en aucun cas, être considérées comme ayant été le point de départ de sa formation, il paraît bien difficile d'admettre qu'un groupement aussi constant d'un nombre aussi considérable de jeunes individus, autour d'une cavité de forme également constante, soit un effet du hasard.

Deux interprétations se présentent alors à l'esprit : ou bien l'organisme qui a donné naissance à la cavité a pu servir de nourriture aux jeunes Ammonites, ou bien cet organisme est un flotteur ayant supporté les œufs, sur lequel les jeunes évoluaient jusqu'à un certain stade et qui servait d'organe de dissémination.

Il n'est pas difficile de réfuter la première hypothèse : si le corps avait servi de nourriture aux Céphalopodes, il ne serait pas conservé d'une façon constante: on trouverait aussi, près de lui, des Ammonites de plus grande taille et d'autres organismes; enfin il varierait certainement de forme et de nature.

Nous ne croyons donc pas dépasser les limites d'une induction légitime, en proposant d'envisager la deuxième hypothèse qui, d'après le peu que nous connaissons sur le développement des Céphalopodes et de quelques autres Mollusques pélagiques comme les Janthines, n'a rien de nature à nous surprendre.

Nous ajouterons que, dans les gros nodules siliceux renfermant des formes adultes, nous avons reconnu la présence du genre *Ophiceras*, déjà signalé par M. Douvillé, et du genre *Otoceras*. Ces Céphalopodes, ainsi que les nombreux Poissons que l'on rencontre dans les mêmes couches, permettent de rapporter ces formations *au Trias le plus inférieur*, probablement au niveau des couches à *Otoceras Woodwardi* de l'Himalaya.

Nous publierons incessamment, en collaboration avec M. Merle, une étude plus détaillée sur ces formations.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PESANTEUR. — *Frein pour balance, en forme de fil à plomb.* Note de M. G. Lippmann.

On sait qu'une balance sensible oscille plusieurs fois avant de prendre sa position d'équilibre, et que ces oscillations rendent très longues les opérations de la pesée. J'ai réalisé un petit dispositif qui permet d'empêcher les oscillations inutiles, et qui par suite rend les pesées beaucoup plus rapides.

C'est un simple fil à plomb, formé d'une fibre de soie tendue par un poids d'environ 2^g. Il pend à l'intérieur de la cage, sans toucher le fléau. Mais l'opérateur peut à volonté, en agissant sur un petit levier placé sous sa main, déplacer horizontalement de quelques millimètres le point de compression du fil à plomb, de manière que la fibre vienne appuyer légèrement sur le fléau : il y a alors contact, frottement et freinage. Un mouvement de levier en sens inverse écarte de nouveau la fibre et rend au fléau sa liberté.

Cela posé, on opère de la manière suivante :

Quand on voit la balance acquérir une vitesse notable, on serre le frein, ce qui annule la vitesse en quelques secondes ; puis on le desserre pour rendre au fléau sa liberté. On recommence cette double opération, serrage et desserrage, chaque fois que la vitesse de la balance devient notable. La troisième ou la quatrième fois, la balance se trouve être arrivée, sans avoir pu osciller ni acquérir de vitesse notable, très près de sa position d'équilibre. Il va sans dire que l'on finit toujours par un desserrage, afin de n'observer la balance que quand elle est entièrement libre.

Afin de marquer par un exemple particulier l'efficacité de l'appareil, voici un exemple d'une de ces séries d'opérations. Une balance chargée au maximum (50^g dans chaque plateau) oscille avec l'amplitude maxima. On fait

jouer le frein trois ou quatre fois : au bout de 25 secondes, la balance est arrivée au zéro, immobile, *et libre*. Il eût fallu, sans le frein, 5 ou 6 minutes pour arriver à ce résultat. Le frein a donc rendu l'opération dix fois moins longue.

En résumé, le petit appareil décrit plus haut a un double avantage : 1° il n'exige pas que l'on modifie en quoi que ce soit une balance déjà construite ; 2° il n'exerce aucune action sur cette balance au moment où l'on vérifie l'existence de l'équilibre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone; formation d'eau et de méthane. Action de l'eau, au rouge, sur le même oxyde. Applications aux phénomènes volcaniques.* Note de M. **Armand Gautier**.

A. *Action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone.* — Il semble inadmissible que la vapeur d'eau qui accompagne les éruptions de laves puisse venir directement du foyer incandescent d'où elles émergent. En effet, ces laves contiennent toujours des silicates ferreux qui, décomposant l'eau au rouge, passent à l'état ferrique et dégagent l'hydrogène. L'acide carbonique lui-même est réduit par l'hydrogène aux hautes températures et transformé en oxyde de carbone avec formation de vapeur d'eau que détruisent à leur tour les silicates et sulfures métalliques. La réduction de l'acide carbonique s'arrête-t-elle là, et l'oxyde de carbone peut-il céder à l'hydrogène en excès tout ou partie de son oxygène pour donner des corps nouveaux au contact ou en l'absence des métaux ?

J'ai cru intéressant d'examiner ces questions et d'abord de savoir si l'oxyde de carbone est réduit par l'hydrogène et s'il peut donner naissance à de l'eau.

Dans ce but, j'ai fait passer de l'oxyde de carbone pur, mélangé de trois fois son volume d'hydrogène, dans un tube de porcelaine de Berlin, muni d'un pyromètre Le Chatelier, lui-même contenu dans un tube central de même nature, fermé à son extrémité intérieure. Les températures ont varié dans mes multiples expériences de 300° à 1250°. Les gaz mélangés circulaient avec une vitesse de 450^{cm^3} à 475^{cm^3} à l'heure. Après purification [1], ils étaient séchés sur l'anhydride phosphorique avant de pénétrer dans le tube.

[1] Le CO était extrait de sa combinaison avec le protochlorure de cuivre, puis lavé à l'eau, à la potasse et séché. L'hydrogène était lavé au permanganate de potasse alcalin bouillant, au nitrate de mercure et au nitrate d'argent. Le mélange des deux gaz, bien exempt d'air, était encore, par précaution, lavé au pyrogallol potassique dans mon laveur spiraloïde, puis les gaz étaient séchés sur SO^4H^2 et P^2O^5 avant d'entrer dans l'appareil.

L'eau produite était arrêtée dans un tube en U rempli de P^2O^5 déposé sur de la laine de verre; à la suite, l'acide carbonique, qu'on avait reconnu se former, était fixé par la potasse et l'hydrate de baryte, suivis d'un tube à P^2O^5.

Voici les résultats obtenus :

	H^2O formée par litre de CO.		CO^2 produit par litre de CO.	
Températures.	En milligr.	En cent. cubes.	En milligr.	En cent. cubes.
400°	4,4	5,4	1,7	0,86
600	12,4	15,4	11,4	5,80
900	17,1	21,2	20,5	10,4
1220	22,2	27,5	19,2	9,7
1200	17,2	21,3	4,1	2,1

Ces expériences montrent d'abord que l'oxyde de carbone donne bien de l'eau lorsqu'on le chauffe en présence de l'hydrogène. Sa réduction commence près de 200 degrés avant le rouge. La production de l'eau passe par un maximum vers 1100° à 1200°. Son volume n'a pas dépassé dans mes expériences, sous la pression atmosphérique, 28 millièmes du volume du gaz CO en expérience.

L'acide carbonique qui se produit en même temps, augmente jusqu'à 900° sans atteindre 11 millièmes du gaz CO présent, puis il tend à diminuer à mesure que monte la température en raison de la réaction bien connue $CO^2 + H^2 = CO + H^2O$, qui explique que la quantité d'eau formée se maintienne à peu près constante à cette haute température malgré la réaction inverse $CO + H^2O = CO^2 + H^2$.

On voit que, vers 900° à 1000°, les quantités relatives de H^2O et CO^2 formées satisfont assez bien à l'équation

$$4\,CO + 2H^2 = \underset{4\text{ vol}}{2\,H^2O} + \underset{2\text{ vol}}{CO^2} + 3\,C.$$

Reste à savoir ce que devient le carbone répondant à la production des deux corps oxygénés CO^2 et H^2O. Le plus souvent, dans ces expériences, le carbone ne se dépose pas, même à l'état de trace.

Remarquons la singulière chute de l'acide carbonique dans les deux expériences ci-dessus exécutées à des températures presque identiques, 1220° et 1200°. Une observation analogue a été faite pour l'eau : à 900°, toujours avec le mélange $CO + 3H^2$, passant avec un débit d'un demi-litre à l'heure, on a obtenu, en deux expériences consécutives et dans des conditions

toutes semblables :

	Températures.	H^2O par litre de CO. En milligr.	H^2O par litre de CO. En cent. cubes.	CO^2 par litre de CO. En milligr.	CO^2 par litre de CO. En cent. cubes.
I.	900°.....	17,10	21,2	20,5	10,4
II.	900°.....	9,3	11,5	21,4	10,8

Mais dans l'expérience II, il s'était déposé dans le tube une quantité assez sensible de charbon, qui ne se forma pas dans l'expérience I. En tenant compte de ce dernier fait et des volumes des gaz H^2O et CO^2 produits dans ce second cas à volumes presque égaux, on arrive à l'équation

$$3CO + H^2 = \underset{2\text{ vol.}}{H^2O} + \underset{2\text{ vol.}}{CO^2} + C^2.$$

Dans le cas I, au contraire, où le charbon n'est pas apparu, le volume de l'eau produite a été presque le double de celui de l'acide carbonique formé, mais, comme on va le voir, il est alors accompagné de gaz formène, circonstances qu'explique l'équation

$$4CO + 8H^2 = \underset{4\text{ vol.}}{2H^2O} + \underset{2\text{ vol.}}{CO^2} + 3CH^4.$$

Il me reste à montrer qu'il se fait bien du gaz méthane dans ces conditions singulières.

Je rappellerai d'abord que Brodie a déjà signalé la formation du méthane par l'action de l'étincelle électrique jaillissant dans un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène (1873), et que MM. P. Sabatier et B. Senderens ont obtenu aussi le formène en chauffant à 250°-300° un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène en présence du nickel réduit [1]. Mais ce sont là des conditions artificielles qui ne se prêtent pas à l'explication directe des phénomènes géologiques.

Il n'en est plus ainsi de la formation du méthane par simple réduction de l'oxyde de carbone par l'hydrogène au rouge, conditions mêmes des gaz volcaniques. Mais lorsqu'on chauffe le gaz oxyde de carbone mêlé d'hydrogène à 400° et au-dessus, la petite quantité de méthane qui se forme (quelques millièmes) l'a fait jusqu'ici échapper aux recherches et, pour le retrouver, j'ai été obligé de recourir à des moyens indirects.

Je me suis assuré d'abord que la réduction de l'oxyde de carbone par l'hydrogène au rouge ou au-dessous du rouge ne donne aucun gaz absor-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 514.

bable par le brome ou condensable à basse température, et qu'il ne se fait aussi ni aldéhyde éthylique, ni acide formique, mais seulement une trace de formol [1].

La même expérience a été faite à 1200°, cette fois sur le mélange $CO + 6H^2$, non préalablement séché. Avec un courant de 1 litre à l'heure, et après enlèvement de CO par Cu^2Cl^2, puis I^2O^5 à 100°, on obtint par combustion à l'endiomètre

$$H = 99,8,$$
$$CH^4 = 0,2.$$

Avec ce même mélange porté à 1300°, mais en faisant passer les gaz trois fois plus rapidement, après lavage au Cu^2Cl^2, puis passage sur I^2O^5 et KOH, on obtient

$$H = 98,65,$$
$$CH^4 = 1,35.$$

La vitesse du courant de gaz paraît donc empêcher la destruction ultérieure du méthane et la formation des hydrocarbures supérieurs et du charbon.

On remarquera que dans cette dernière expérience, 8 *pour* 100 de l'oxyde de carbone primitif se sont transformés en méthane à 1300°. Il ne s'est pas formé sensiblement d'autres hydrocarbures.

Ces expériences établissent les points suivants :

La réduction de l'oxyde de carbone par l'hydrogène commence vers 400°, c'est-à-dire bien au-dessous du rouge. De l'eau résulte de cette réduction, en même temps il se produit de l'acide carbonique et il se fait un peu de méthane.

Ces réactions réciproques sont limitées et ont leur optimum vers 1000°.

La formation du gaz méthane augmente avec la proportion relative d'hydrogène qui l'accompagne et la rapidité avec laquelle l'hydrocarbure qui se produit est soustrait à l'action de la chaleur rouge, sa pyrogénation devant amener, d'après les anciennes observations de Marcelin Berthelot,

---

(1) 1 à 2 millionièmes à peine à 400°-500°; ce corps disparaît à 900°. On l'a recherché et approximativement dosé par la méthode de Voisenet. Le mélange $CO + 3H^2$, séché au préalable sur P^2O^5, passait dans le tube de porcelaine porté d'abord à 400°. Le gaz sortant était alors lavé au chlorure cuivreux concentré contenu dans deux barboteurs spiraloïdes successifs qui lui enlevaient la majeure partie de son oxyde de carbone, puis il traversait deux laveurs à potasse caustique et un tube à P^2O^5. Il circulait ensuite à 100° sur l'anhydride iodique, et de là sur la potasse et la baryte; dès lors, privé de sa dernière trace d'oxyde de carbone, il arrivait, mélangé d'un léger excès d'oxygène pur, sur une colonne d'oxyde de cuivre portée au rouge. 2680^{cm^3} du mélange primitif $CO^2 + 3H^2$, portés à 400°, ont ainsi donné $4^{mg},7$ de CO^2, répondant à $1^{mg},72$ de CH^4 ou $2^{cm^3},4$, soit $\frac{1}{1000}$ environ du volume total des gaz.

la formation d'hydrocarbures cycliques et même de charbon [1]. On s'explique donc ainsi l'existence du gaz méthane toujours mélangé d'acide carbonique et de vapeur d'eau dans la plupart des émanations volcaniques.

En outre, à la température de 450° à 650°, l'hydrogène donne avec l'oxyde de carbone une trace de formol qui disparaît entièrement à 950° et au-dessus. Il n'est pas accompagné d'acide formique ou d'une trace douteuse.

B. *Action de l'eau sur l'oxyde de carbone aux hautes températures.* — J'ai déjà, en 1906, étudié l'action que l'eau exerce sur l'oxyde de carbone à haute température [2]. Dans une expérience où je faisais passer dans un tube à 1300° un mélange d'oxyde de carbone pur et de vapeur d'eau avec excès de cette dernière, j'ai obtenu pour 100 volumes de gaz :

$$CO^2 = 37,9;\ H = 38,9;\ CO = 22,5;\ Az\ (\text{de l'air}) = 0,7.$$

J'ai repris ces expériences pour savoir si un peu d'acide formique ou d'aldéhyde formique se produisent en même temps aux températures de 500° à 900°.

Le gaz CO pur se chargeait d'humidité en traversant de l'eau maintenue à la température de 70° à 80°; il circulait alors, avec une vitesse de 1 litre à l'heure environ, dans le tube de porcelaine muni du thermomètre Le Chatelier. A la sortie, l'eau était condensée dans un tube entouré de glace et de sel. Les gaz traversent ensuite un laveur à potasse.

A 550° on a ainsi recueilli 2^{cm^3} d'eau. Elle contenait environ 5 millionièmes de formol [3]. Je n'y ai trouvé qu'une trace très douteuse d'acide formique.

A 800° j'ai recueilli de même $2^{cm^3},5$ d'eau contenant 1 millionième de formol et pas d'acide formique.

Que l'on admette que de l'acide carbonique et de l'hydrogène nous arrivent primitivement des profondeurs du globe ou qu'on parte de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, dans tous les cas en réagissant au rouge, ces gaz donneront de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique et du méthane, et tous ces corps, acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène, eau, gaz méthane, devront se trouver réunis dans les émanations volcaniques. C'est ce que confirme bien l'observation des faits. Au contact des chlorures,

---

(1) Je ne pense pas que le charbon, lorsqu'il se dépose, ait principalement cette origine ainsi que je le montrerai ultérieurement.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 1383.

(3) Cherché et approximativement dosé par le réactif Voisenet (voir *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXIII, p. 1198).

des azotures métalliques, etc., et aux hautes pressions, ces produits ignés subiront nécessairement ensuite des transformations nouvelles. Nous nous proposons de faire connaître sous peu l'influence que le fer et ses oxydes exercent sur ces composés primitifs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation et le dédoublement des thiols; synthèse des sulfures neutres alcooliques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

1° *Formation des thiols.* — Dans une Communication récente [1], nous avons fait connaître une méthode générale de préparation directe des thiols, par action de l'acide sulfhydrique sur les vapeurs des alcools au contact *d'oxyde de thorium anhydre*, au-dessus de 300°. Ce procédé, très avantageux pour les alcools primaires, donne des rendements moins bons avec les alcools secondaires, et ses résultats sont peu satisfaisants pour les phénols, avec lesquels il exige une température plus haute et ne conduit qu'à des rendements très médiocres.

Il y avait un certain intérêt à rechercher si les autres oxydes métalliques anhydres que nos recherches antérieures ont signalés comme capables de provoquer la catalyse des alcools [2], seraient ou non préférables à l'oxyde de thorium pour la synthèse directe des thiols. Nous avons examiné, à ce point de vue, deux oxydes catalyseurs exclusifs de déshydratation, *l'alumine* et *l'oxyde bleu de tungstène*, et divers oxydes catalyseurs mixtes de déshydratation et déshydrogénation: *oxyde chromique*, *oxyde de zirconium*, *oxyde uraneux*, *oxyde bleu de molybdène*, tous pris sous leurs formes les plus actives.

Vis-à-vis de l'alcool isoamylique, la température de l'oxyde étant maintenue de 370° à 384°, les rendements approximatifs en thiol ont été pour 100 parties d'alcool détruit:

Oxyde de thorium	70
Oxyde de zirconium	44
Oxyde uraneux	30
Oxyde bleu de tungstène	22
Oxyde chromique (Cr^2O^3)	18
Oxyde bleu de molybdène	17
Oxyde d'aluminium	10

[1] Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1217.
[2] Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1909, p. 106.

Tous les oxydes essayés se sont montrés très inférieurs à la thorine. L'alumine n'a donné que des résultats fort médiocres, la plus grande partie de l'alcool ayant été détruite en amylène.

Vis-à-vis du phénol ordinaire, la température de l'oxyde étant voisine de 450°, la dose de thiophénol produite a été faible dans tous les cas. Cette dose est évaluée facilement au moyen d'une solution alcoolique titrée d'iode qui transforme quantitativement le thiophénol en disulfure ([1]).

On a trouvé de la sorte comme rendements :

	Pour 100.
Oxyde d'aluminium	0,4
Oxyde de zirconium	1,5
Oxyde bleu de molybdène	1,8
Oxyde bleu de tungstène	1,5
Oxyde chromique	2,5
Oxyde uraneux	3,8

L'oxyde de thorium a donné un rendement de 8 pour 100, et s'affirme donc comme très supérieur aux autres oxydes, de même que vis-à-vis des alcools.

2° *Dédoublement des thiols.* — L'alumine, qui est un catalyseur actif de déshydratation, dédouble les alcools primaires en donnant soit l'éther-oxyde, soit le carbure éthylénique, selon que la température est maintenue assez basse ou s'élève davantage. Ces deux stades successifs s'observent bien avec l'alcool éthylique, et même avec l'alcool propylique. Au-dessous de 300°, on a

$$(1) \qquad 2(C^nH^{2n+1}.OH) = H^2O + \underbrace{(C^nH^{2n+1})^2O}_{\text{Éther-oxyde.}}.$$

Au-dessus de 350°, on a seulement

$$(2) \qquad C^nH^{2n+1}.OH = H^2O + \underbrace{C^nH^{2n}}_{\text{Carbure.}}.$$

L'analogie des thiols et des alcools nous a conduits à penser que certains sulfures métalliques pourraient exercer sur les thiols des réactions de dédoublement, parallèles à celles que certains oxydes exercent sur les alcools. Nos essais ont porté sur le *sulfure de cadmium* qui présente les avantages de pouvoir être préparé facilement pur, d'être très stable et d'indiquer par les changements de coloration les altérations dont il a été l'objet.

Nos prévisions ont été absolument vérifiées.

([1]) Klason et Carlsod, *Ber. chem. Gesell.*, t. XXXIX, 1906, p. 738.

A température modérée, on a une réaction semblable à la réaction (1), dédoublement du thiol en acide sulfhydrique et sulfure neutre alcoolique

$$2(C^nH^{2n+1}.SH) = H^2S + \underbrace{(C^nH^{2n+1})^2S}_{\text{Sulfure neutre.}}.$$

A température plus haute, le dédoublement plus rapide est analogue à celui de la réaction (2), et fournit seulement de l'hydrogène sulfuré et le carbure éthylénique

$$C^nH^{2n+1}.SH = H^2S + \underbrace{C^nH^{2n}}_{\text{Carbure.}}.$$

Par exemple, les vapeurs de l'*éthanethiol* $C^2H^5.SH$ (qui bout à 36°) dirigées sur une traînée de sulfure de cadmium à 320°-330°, se transforment partiellement en sulfure neutre (bouillant à 92°), facile à isoler, avec dégagement d'hydrogène sulfuré sensiblement pur.

En élevant au voisinage de 380° la température du sulfure, le thiol est totalement dédoublé en volumes égaux d'hydrogène sulfuré et d'éthylène, sans condensation d'aucun produit liquide.

De même l'*isoamylthiol* $C^5H^{11}.SH$ (qui fond à 116°) est dédoublé régulièrement vers 360°-380°, en hydrogène sulfuré et *sulfure d'isoamyle* $(C^5H^{11})^2S$, qui bout à 213°. En opérant au-dessus de 400°, le dédoublement fournit surtout de l'amylène.

L'action du sulfure de cadmium sur les thiols forméniques primaires, réalisée à température ménagée, constitue donc une véritable méthode de préparation des *sulfures forméniques neutres*.

Quant au mécanisme du dédoublement, il nous paraît être semblable à celui qui règle le dédoublement des alcools, c'est-à-dire dû à la production d'un composé temporaire instable, qui serait, dans le cas actuel, un *thiolate de cadmium*, destructible selon la température, soit en sulfure neutre, soit en carbure éthylénique, avec régénération du sulfure de cadmium qui recommence indéfiniment la même transformation et joue par conséquent le rôle de catalyseur.

On a d'abord

$$CdS + \underbrace{2(C^nH^{2n+1}.SH)}_{\text{Thiol.}} = (C^nH^{2n+1}.S)^2Cd + H^2S.$$

puis

$$(C^nH^{2n+1}.S)^2Cd = CdS + \underbrace{(C^nH^{2n+1})^2S}_{\text{Sulfure neutre.}},$$

ou, à température plus haute,

$$(C^n H^{2n+1}.S)^2 Cd = CdS + H^2S + 2C^n H^{2n}.$$

La formation transitoire du thiolate de cadmium est d'ailleurs indiquée par le changement de coloration du sulfure, qui prend une teinte orangée très différente de la teinte jaune vif du sulfure primitif, et conserve cette teinte, quand on refroidit l'appareil, par suite du maintien d'une certaine dose du thiolate.

Cas des thiols secondaires. — Ainsi que le font prévoir les analogies, les thiols secondaires ont une tendance beaucoup plus marquée au dédoublement en carbure éthylénique, mais peuvent néanmoins fournir du sulfure neutre.

Le *cyclohexane-thiol*, $C^6H^{11}.SH$ (qui bout à 155°), dirigé sur le sulfure de cadmium vers 300°, fournit seulement 12 à 15 pour 100 de sulfure neutre, la majeure partie se dédoublant en acide sulfhydrique et cyclohexène (qui bout à 81°). A température plus élevée, la transformation en cyclohexène est complète.

S. A. S. le **Prince de Monaco** présente à l'Académie deux nouvelles feuilles (18e et 19e) de la *Carte générale des gisements de coquillages comestibles des côtes de France*, dressées par M. L. Joubin.

Ces deux feuilles comprennent toute la baie du Mont-Saint-Michel, depuis la pointe du Grouin jusqu'à la latitude de Coutances. Les îles Chausey y sont contenues.

Elles sont très importantes, car elles donnent le plan complet des gisements d'huîtres de Cancale et Granville, qui sont les plus étendus de tous ceux qui existent encore sur les côtes de France. Les bancs qui les composent sont de forme ovale ou ronde; ils font comme de grandes taches sur le fond vaseux de la baie. Les uns sont riches, ce sont surtout ceux qui sont situés au fond de la baie, au sud d'une ligne tirée de Cancale à Granville; les autres sont de plus en plus pauvres à mesure qu'on remonte vers le Nord.

Les huîtres y atteignent de grandes dimensions, et quand elles sont adultes prennent la forme dite *pied de cheval*, caractéristique de la variété cancalaise.

Les bancs s'accroissent par la périphérie et dépérissent par le centre; ils se déplacent donc lentement. Mais leur ensemble est sujet à des périodes de

richesse et de pauvreté dont les causes, faute de n'avoir pas été étudiées depuis assez longtemps, sont inconnues.

Actuellement les bancs sont, depuis plusieurs années, en état de prospérité; la pêche, qui ne dure que quelques jours chaque année, a fourni en 1909 plus de 18 millions d'huîtres.

La baie du Mont-Saint-Michel est partagée en deux parties par une réserve ou cantonnement, où la pêche est toujours interdite. Ce cantonnement a la forme d'un long fuseau dont une pointe est au Mont-Saint-Michel (Tombelaine), l'autre au phare de Chausey.

Il sert, en quelque sorte, d'état-tampon entre les pêcheurs de Granville et ceux de Cancale dont les rivalités sont aiguës; il a aussi pour but de conserver intacte une région où les huîtres peuvent se développer à l'abri de la drague. On pourrait croire qu'elles y pullulent, il n'en est rien. Les huîtres ne prospèrent pas sur ces amoncellements de vieilles coquilles toutes remplies d'animaux qui leur nuisent. Ce fait vient à l'appui de la théorie en vertu de laquelle les bancs pour prospérer doivent être débarrassés des parasites et nettoyés par la drague. D'autres Mollusques abondent dans la région, notamment les Coques (*Cardium edule*), dont on exporte au moins 30000^{t} par an de la seule plage qui va de Cancale au Mont-Saint-Michel. On peut aussi noter un important banc de coquilles Saint-Jacques à l'est de Chausey.

M. **Haton de la Goupillière** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire du travail qu'il vient de publier dans les Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége (t. IX, 1909) sous ce titre : *Sommation de suites terminées*.

Il y emploie l'intégration par parties, non pas comme à l'ordinaire pour réduire une quadrature inconnue à une autre différente, mais en partant d'une intégrale, connue d'avance, pour la ramener à elle-même. On répète n fois cette opération en la modifiant consécutivement d'après une loi régulière dépendant d'un paramètre. Si l'on substitue finalement la valeur connue, celle-ci disparaît d'elle-même avec la variable d'intégration, et il reste une identité en n constituant la somme d'une suite terminée. Or on sait que ce genre de résultats est beaucoup moins répandu dans l'analyse que les sommations de séries illimitées.

Quelques-unes des formules obtenues se vérifient d'ailleurs pour $n = \infty$, sur des séries indéfinies envisagées par Catalan, par Stirling, etc.

PLIS CACHETÉS.

M. **George-F. Jaubert** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 2 mai 1898 et inscrit sous le n° 6007.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Procédé de régénération de l'air vicié.*

La Note est renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. Ch. Bouchard, Armand Gautier et J. Carpentier. La Commission dépose le Rapport suivant :

Il résulte de cette Note, datée du 28 avril 1898, qu'à cette date M. G.-F. Jaubert avait employé les bioxydes alcalins ou alcalino-terreux, avec ou sans addition d'un peu de peroxyde de fer ou de manganèse, pour reconstituer les atmosphères confinées, en faire disparaître l'acide carbonique et peut-être d'autres produits de la respiration et restituer en même temps l'oxygène consommé.

L'idée sur laquelle porte la revendication de M. Jaubert, maintenue secrète dans son pli cacheté, n'avait donc pu inspirer les recherches et les applications faites un an après par MM. Desgrez et Balthazard [1].

Quant à l'appareil présenté par M. Carpentier dans la séance du 6 juin 1910, il offre la plus grande analogie avec celui de MM. Desgrez et Balthazard, et le pli cacheté de M. G.-F. Jaubert n'en donne que le principe.

CORRESPONDANCE.

MM. **Jules Gaultier**, **Louis Vaillant** adressent des remerciments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. *Statistique générale de la France. Annuaire statistique*, 28e Volume, 1908.

---

(1) Voir ce Volume, p. 1491.

2° *Le Botaniste*. Directeur : M. P.-A. Dangeard, 11e série, mai 1910. (Présenté par M. Guignard.)

3° *Die neuen chemischen Institute der königlichen technischen Hochschule zu München*.

4° *Notions fondamentales de Chimie organique*, par M. Ch. Moureu, 3e édition. (Présenté par M. A. Gautier.)

5° *Resolutions and Proceedings of the International Map Committee assembled in London*, november 1909. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

6° Le Tome III (année 1909) de la *Revue de Géographie*, publiée sous la direction de M. Ch. Vélain. (Présenté par M. P. Appell.)

ASTRONOMIE. — *Nouvelles observations concernant les effets du passage de la Terre dans la queue de la comète de Halley*. Note [1] de M. **Emile Marchand**, présentée par M. J. Violle.

Il y a lieu de faire d'abord une *rectification* à la Note présentée le 30 mai. Une erreur de date s'est glissée dans la transmission télégraphique des observations du Pic du Midi, et c'est seulement le 20 mai, non le 19, qu'ont été faites les observations de radiation dont j'ai donné les résultats. Cela ne change rien d'ailleurs à mes conclusions : des poussières cosmiques paraissent s'être introduites du 18 au 19 dans la haute atmosphère terrestre et y avoir persisté assez longtemps.

Le 19 mai, une courte éclaircie avait permis à M. Latreille d'examiner le Soleil par projection, mais le ciel est resté couvert ensuite toute la journée, avec brouillard fréquent. Du 21 au 30 mai, il en fut à peu près de même; on n'a pu refaire des observations de radiation que le 31 mai et le 2 juin. Elles ont donné :

Le 31 mai.....	2,58 à 10^h45^m,	2,78 à 13^h40^m
Le 2 juin.....	2,82 à 10^h50^m,	2,78 à 13^h40^m

l'unité restant la même que le 21 mai (environ 0,6 calorie-centimètre-minute). Ces nombres sont encore un peu faibles, surtout ceux du 31 mai, mais sans sortir des écarts qui se présentent assez souvent.

Comme phénomènes connexes, j'ajoute que la couronne, aperçue autour du Soleil du 19 au 25 mai, était encore visible le 31 mai et le 2 juin, avec le même diamètre de 3° à 4°, mais assez pâle et sans aucune coloration. L'état

[1] Présentée dans la séance du 6 juin 1910.

du ciel n'a pas permis, du 21 au 30 mai, d'observer les phénomènes crépusculaires; mais le 31, le deuxième segment a été très sensiblement coloré en rouge cuivré de 21^h15^m à 21^h40^m (le Soleil se couchant ce jour-là à 19^h40^m). Nous n'avions pas observé, depuis plusieurs années, ce phénomène, qui paraît très rare en dehors des périodes où, d'après d'autres indices, l'atmosphère doit contenir des poussières très ténues et très élevées.

ASTRONOMIE. — *Résumé des observations faites sur la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Ébre (Espagne).* Note de MM. **Cirera** et **Pericas**, présentée par M. Bigourdan.

La comète a été observée visuellement depuis le 1er mai : ce jour-là on la distinguait à l'œil nu ; mais, le 2, l'observation n'a pas été possible à cause des nuages. Le 5, le spectacle fut superbe ; la queue, très brillante, embrassait 15° ; au-dessus se trouvait Pégase, en bas et à droite Vénus, et la Lune en son dernier quartier était à l'horizon; en outre, quelques étoiles filantes croisaient l'atmosphère, dont une parallèlement et près de la queue vers l'Est. Les jours suivants, 7, 8 et 12, on voyait s'allonger la queue; ce dernier jour, elle embrassait 30° ; le 19, sa longueur était plus que suffisante pour atteindre la Terre.

Après cette date, le ciel a été généralement nuageux ; on a vu la comète le 21 et le 23, mais on l'a observée dans de bonnes conditions seulement les 26, 27 et 30 mai et les 2, 5 et 6 juin. Malgré la pureté du ciel, le 30, l'éclat du noyau et de la queue avaient diminué sensiblement : diminution qui a continué les jours suivants.

Avec les données d'observation et à l'aide de l'éphéméride de la comète on a calculé les longueurs réelles correspondantes à 4^h du matin, pour les jours qui ont précédé le 19 mai, et à 9^h du soir pour les jours qui ont suivi.

De la sorte on a trouvé, en supposant la queue rectiligne et dirigée dans le sens du rayon vecteur :

	Mai.							
Dates	1.	5.	7.	8.	12.	26.	27.	30.
Longueur apparente	3°	15°	18°	20°	30°	25°	30°	25°
Longueur réelle (en unités astronomiques)	0,043	0,170	0,177	0,182	0,189	0,140	0,206	0,257

	Juin.		
Dates	2.	5.	6.
Longueur apparente	22°	17°	14°
Longueur réelle (en unités astronomiques)	0,302	0,284	0,242

On remarquera combien la marche des nombres change tout à coup vers le milieu du mois. La queue, dont la longueur croît sans interruption jus-

qu'au 12, se trouve plus courte le 26, et cependant elle continue de se développer encore au commencement de juin. On dirait que la Terre lui a capturé plusieurs millions de kilomètres de longueur pendant le passage du 19.

Il faut noter que de la marche décroissante que l'on observe dès le commencement de juin, on ne peut pas conclure d'une manière absolue une cessation du développement réel ; car par l'effet de l'éloignement rapide de l'astre, l'éclat de la queue devient toujours plus faible et par suite, toutes circonstances restant pareilles, la partie qu'il est possible d'observer est toujours moindre.

Les longueurs apparentes ont été toutes estimées par le même observateur, l'un de nous, ce qui les rend plus comparables entre elles.

L'équatorial astrophysique, dont l'objectif mesure $2^{m},10$ de distance focale et 160^{mm} d'ouverture, a été employé à cette occasion pour l'obtention de photographies.

Dans ce but nous avons dû lui adapter un régulateur électrique, qui est commandé par un pendule distributeur de courants. Il a été construit dans notre atelier par le mécanicien de l'Observatoire. L'isochronisme du pendule se communique à une des roues de l'appareil d'horlogerie par un dispositif très simple, et l'on obtient la fixité rigoureuse de l'image en ascension droite, pendant le temps, toujours long, de la pose. Il est facile de changer en marche la longueur du pendule pour l'adapter aux diverses vitesses de la comète ou d'un astre quelconque.

La première photographie qui ait bien réussi est du 5; mais, à cause du mauvais temps, nous en avons seulement aux dates suivantes : 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 26, 27 et 30 mai et 2, 5, 6 juin.

Dans nos plaques 9×12, 1^{mm} correspond à $1'.5$, de sorte que le champ embrassé est très petit. Pour photographier une plus grande étendue du ciel, on a adapté à l'équatorial une chambre photographique 18×24 avec objectif Goerz de 24^{cm} de distance focale, qui a donné des vues d'ensemble assez intéressantes. Malheureusement le 5 et le 6 on n'avait pas encore arrangé ce dispositif, qui aurait pu donner ces jours-là de très beaux clichés.

La série que nous possédons, quoique très incomplète, montre assez bien les intéressantes transformations qu'ont éprouvé les différentes parties de la comète, tant pour l'éclat que pour la forme et la grandeur. Elles sont dues aussi, peut-être, aux différentes conditions dans lesquelles les photographies ont dû être prises : les temps de pose n'ayant pu être les mêmes, et l'état de pureté du ciel ayant aussi varié extraordinairement. Cependant il y a des jours où ces conditions ont été tout à fait semblables : ce sont, par exemple, les 27 et 30, où le ciel était absolument pur. En examinant les photographies prises ces deux jours, on est frappé aussitôt de la forte diminution d'éclat de la comète. Le 27, les dimensions de la tête et de la chevelure se montrent, dans la photographie, exceptionnellement grandes, comparativement aux jours précédents : la matière brillante du noyau s'étant élargie en forme de croissant de $3',5$ d'étendue, de sorte qu'il fut difficile pendant la pose de viser sur un point de repère déterminé. La chevelure qui l'enveloppait de tous côtés étant aussi remarquablement

abondante, l'ensemble produisait une forte impression sur la plaque sensible. Le 30, un temps de pose presque égal n'a donné qu'une impression bien inférieure, tant en étendue qu'en intensité. Les jours qui suivent montrent aussi de profonds changements d'aspect sans loi de continuité apparente. C'est ainsi que le 2 juin le noyau et la chevelure affectent la forme singulière de deux disques concentriques à bords presque tranchés, pour reprendre ensuite la forme de croissant plus ou moins accentué. En somme, en tenant compte de l'influence exercée par le manque d'uniformité dans les circonstances où les photographies ont été obtenues, on peut, par l'examen des deux séries, confirmer et compléter assez bien les résultats fournis par l'observation visuelle.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète de Halley*. Note [1] de M. **D. Egnitis**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note précédente [2] nous avons indiqué sommairement les observations que nous avons faites à Athènes sur cette comète à l'occasion de son passage devant le Soleil, le 18 mai dernier (jeudi matin). Ce jour là, jusqu'à environ une heure avant le passage calculé de la tête devant le Soleil, nous avons vu la queue, presque droite, avec une courbure *légère*, évidemment parce que la Terre se trouvait près du plan de l'orbite de la comète.

Le lendemain matin (vendredi), vers 15^h, nous l'avons revue : elle s'étendait comme la veille jusqu'à la voie lactée, vers θ Aigle, et avait donc 130° au moins de longueur apparente ; elle était sensiblement plus pâle que la veille. Mais le surlendemain matin (samedi) je l'ai cherchée vainement, avec mon aide, M. Alibertis, à travers des éclaircies de nuages.

Dans l'intervalle, le vendredi soir, avec notre grand équatorial de $0^m,40$ d'ouverture, nous avons aperçu la comète, comme on l'a déjà indiqué, en forme de croissant rappelant la Lune un peu avant son premier quartier. Et le samedi soir la queue était visible sur au moins 30° de long.

Jamais nous n'avons aperçu de queue anomale.

Nous pensons que dans l'observation du vendredi soir la queue était à peu près dirigée vers la Terre, et il semble résulter de là que la tête, et probablement aussi la queue, a une section lenticulaire. En outre, il nous paraît probable que la Terre a traversé la queue, et que cela s'est produit le vendredi soir, ou un peu plus tard, à moins de modifications grandes et

(1) Présentée dans la séance du 6 juin 1910.

(2) Voir ce Volume, p. 1407.

rapides, mais très peu probables, de la courbure de la queue, ou encore à moins de supposer que la section de la queue, à la distance de la Terre, eût une largeur insuffisante.

L'observation du passage de la tête de la comète devant le disque solaire a été faite au moyen de notre équatorial Gautier ($0^m,40$). Les grossissements des oculaires successivement employés étaient de 75, 235 et 615 avec différents verres colorés; le mouvement d'horlogerie, bien réglé, nous a permis d'observer le disque avec beaucoup de facilité et d'une manière parfaite.

L'horizon oriental, un peu avant le lever du Soleil, ne présente rien d'exceptionnel; il est complètement clair, sans le moindre nuage. L'atmosphère est tout à fait calme pendant toute la durée de cette observation. Le lever du Soleil, qui devait avoir lieu à 16^h49^m, est un peu retardé par la colline du Lycabette; le Soleil a paru à 17^h4^m, soit presque en même temps que le commencement du passage, suivant les derniers calculs ($17^h4^m,2$).

Nous avons d'abord commencé par observer avec le plus grand soin la zone centrale, aux environs de laquelle devrait passer le noyau de la comète; c'est une section de 6′ de part et d'autre du centre du disque solaire, fixée d'avance à l'aide du cercle de position de notre micromètre. Après avoir bien observé, sans rien trouver, cette partie du disque pendant 20 minutes, nous avons exploré pendant 20 minutes encore, avec beaucoup d'attention, le reste du disque solaire. Le résultat de cette recherche ayant été également *négatif*, nous sommes revenu sur la partie centrale, pendant 15 minutes encore; ensuite nous avons recommencé l'exploration des autres parties du disque et, plus particulièrement, de deux zones, de part et d'autre de la partie centrale, de 4′ de largeur. Ainsi nous avons continué jusqu'à 18^h35^m, observant successivement, tantôt la partie centrale, tantôt le reste du disque solaire, sans rien voir, sauf quelques taches solaires; aucune autre tache, ni point noir, ni affaiblissement sensible de l'éclat n'a été aperçu.

L'aspect de la plus grande tache solaire fut observé plusieurs fois et avec la plus grande attention pour y apercevoir le passage de quelque corps étranger au Soleil.

ASTRONOMIE. — *Changements survenus dans le noyau de la comète de Halley.* Note [1] de MM. **J. Baillaud** et **A. Boinot**, présentée par M. B. Baillaud.

Le noyau de la comète de Halley vient de subir des modifications tout à fait notables qui apparaissent avec beaucoup de netteté sur des photographies faites à l'Observatoire de Paris les 30 mai, 31 mai et 2 juin avec l'équatorial de la Carte du Ciel.

Le 30 mai, la forme du noyau est tout semblable à celle qu'indiquent les photo-

[1] Présentée dans la séance du 6 juin 1910.

graphies du 23 et du 24 : une condensation sensiblement elliptique, limitée assez nettement sur un tiers de sa périphérie et se fondant sur le reste dans une nébulosité sans limites précises et sans détails. Les principales différences sont des dimensions un peu plus faibles pour la condensation : 11″ sur 15″ au lieu de 14″ sur 18″ et une orientation différente de son grand axe (angle de position 100° au lieu de 50°).

Le 31 mai l'image est complètement transformée. De la condensation centrale à peu près circulaire (diamètre 9″) partent trois rayonnements relativement étendus. Le plus important a pour angle de position 110°; il se raccorde à la condensation centrale au point qui, la veille, était le plus net. Sa longueur est de 40″ sur une image posée 2 minutes, et de 54″ sur une image posée 40 minutes; mais son extrémité n'a pas de limites, et il aurait sans doute paru plus étendu sur une pose de plus grande durée. Il n'est pas d'un éclat uniforme, mais à 30″ environ du noyau on aperçoit une concentration lumineuse. Les deux autres rayonnements, plus faibles, ont pour angle de position 25° et 50°; le premier est le plus net et le plus long (60″). Tout l'intervalle compris entre ces rayonnements est rempli d'une nébulosité intense; le reste du pourtour de la condensation centrale est aussi couvert de nébulosité, mais qui s'étend beaucoup moins loin, de sorte que la forme de l'image rappelle celle d'un triangle.

Le 2 juin la condensation centrale, circulaire, n'a plus que 6″ de diamètre. On aperçoit, comme sur les images du 31, un rayonnement lumineux ayant pour angle de position 109°, mais sa longueur est beaucoup mieux définie; sur une image posée 40 minutes, comme sur une image posée 2 minutes, elle est de 40″. Sa largeur est de 10″ environ. On aperçoit, comme le 31, une condensation secondaire à 30″ du centre; il est difficile de juger quel jour elle est le mieux définie et fait le plus de contraste avec le reste du rayon. Les deux autres rayonnements visibles le 31 ont presque disparu le 2. A l'ouest de la condensation principale on aperçoit deux aigrettes lumineuses (angle de position 275° environ). Enfin la nébulosité qui entoure la comète a une forme beaucoup plus régulière que le 31; elle est presque circulaire et comprend deux zones concentriques : l'une de 80″ de diamètre est très intense; l'autre de 220″ de diamètre est beaucoup plus faible, mais toutes les deux sont très nettement limitées, caractère qui les différencie des nébulosités des jours précédents.

De ces photographies il résulte donc que le noyau de la comète a subi une perturbation profonde du 30 au 31 mai. Des condensations secondaires ont apparu, dont certaines n'ont été que temporaires. L'une d'elles subsistait encore le 2 juin dans la même position et avec la même intensité que le 31. Est-elle l'indice d'un dédoublement de la comète, analogue à celui de la comète de Biéla? On ne peut guère jusqu'à présent le supposer. Cette condensation secondaire, qui a des dimensions transversales presque deux fois plus grandes que la condensation principale, est incomparablement moins photogénique : la matière qui la forme n'est donc pas dans le même état, et l'on ne saurait parler d'un sectionnement du noyau en deux morceaux de même nature. Il aurait été intéressant d'observer quelle répercussion a eu sur la queue cette perturbation du noyau; malheureusement le ciel de Paris ne nous permet pas cette étude.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes commutatifs de quantités hypercomplexes.* Note de M. **Léon Autonne**, présentée par M. Jordan.

Soit (η) un groupe de quantités hypercomplexes

$$x = \sum_g \varepsilon_g x_g \qquad (g, h, k = 0, 1, 2, \ldots, m),$$

dont les $n = m + 1$ unités ε_g se multiplient suivant la formule

$$\varepsilon_g \varepsilon_h = \sum_k \varepsilon_k a_{kgh},$$

où a_{kgh} est une quantité ordinaire, réelle ou complexe. On sait que (η) est connu dès qu'on possède la *matrice du groupe* $|s_{gh}(x)|$,

$$s_{gh}(x) = \sum_k x_k a_{gkh}.$$

J'ai ramené la construction des groupes (η) commutatifs (à multiplication commutative) au cas où la matrice est

$$\left(s_{\alpha\beta} = \sum_\gamma a_{\alpha\beta\gamma} x_\gamma ;\ \alpha, \beta, \gamma = 1, 2, \ldots, m \right) :$$

$$\left| \begin{array}{cccccc} x_0 & & & & & \\ x_1 & x_0 & & & & \\ x_2 & s_{21} & x_0 & & & \\ \cdot\cdot & \cdots & \cdot\cdot & & & \\ x_\alpha & s_{\alpha 1} & \cdot\cdot & \cdots & s_{\alpha,\alpha-1} & x_0 \\ x_m & s_{m1} & \cdot\cdot & & s_{m,m-1} & x_0 \end{array} \right|$$

$$s_{\alpha\beta} = 0 \qquad \text{pour} \qquad \alpha = \beta.$$

La matrice m-aire $S_x = S(x) = (s_{\alpha\beta})$ est celle d'un groupe m-aire (ε), dont la connaissance assure celle de (η). Par commutativité, les matrices S_x et S_y sont échangeables. De plus, $s_{\alpha\beta} = \frac{1}{2}\frac{\partial f_\alpha}{\partial x_\beta}$, où f_α = forme quadratique $\sum_{\beta\gamma} a_{\alpha\beta\gamma} x_\beta x_\gamma$. Le groupe est défini sans ambiguïté quand on possède les f_α; on écrira

$$(\varepsilon) = (f_1, f_2, \ldots, f_\alpha, \ldots, f_m).$$

D'ailleurs

$$a_{\alpha\beta\gamma} = a_{\alpha\gamma\beta}.$$

Désignons par $g_1, \ldots, g_\lambda, \ldots, g_k$, k entiers positifs avec $k \leq m$, $m = \sum_\lambda g_\lambda$.

On peut, par un choix convenable de variables, mettre la matrice S_x sous une *forme réduite* que voici ($p_{\lambda\mu}$ est un Tableau à g_λ lignes et g_μ colonnes ayant les $s_{\alpha\beta}$ pour éléments) :

$$S_x = \begin{vmatrix} 0 & & & & & & \\ p_{21} & 0 & & & & & \\ \cdots & \cdot & & & & & \\ p_{\lambda 1} & p_{\lambda 2} & \cdots & p_{\lambda\mu} & \cdots & p_{\lambda,\lambda-1} & 0 \\ \cdots & \cdots & & & & & \cdot \\ p_{k1} & p_{k2} & & & & & p_{k,k-1} \quad 0 \end{vmatrix}.$$

Répartissons les x_α, ε_α, f_α en systèmes X_λ, E_λ, F_λ de la façon suivante : X_1, par exemple, contiendra les g_1 premières x_α; les g_2 suivantes x_α figureront dans X_2 ; ... ; X_k contiendra les g_k dernières x_α. Alors, dans la forme réduite, « le système F_λ : 1° ne dépend pas de X_λ, $X_{\lambda+1}, \ldots, X_k$; 2° dépend de *chacune* des variables de $X_{\lambda-1}$; 3° dépend des variables de $X_1, X_2, \ldots, X_{\lambda-2}$ ».

Soient, dans la suite $1, 2, \ldots, k$, trois entiers λ, λ', λ'', dont le premier est le plus petit entier supérieur aux deux autres. « Le produit de deux unités de $E_{\lambda'}$, et de $E_{\lambda''}$, ne dépend que des unités de $E_\lambda, E_{\lambda+1}, \ldots, E_k$. »

La forme réduite permet d'établir un procédé régulier de calcul pour passer d'un groupe m-aire à un groupe $(m+1)$-aire. Comme application, j'ai construit tous les groupes (ε) pour $m = 2$, 3 et 4. Les voici, sous l'expression $(\varepsilon) = (f_1, \ldots, f_\alpha, \ldots, f_m)$:

$$m = 2 : (0, x_1^2);$$

$$m = 3 : (0, 0, 2x_1x_2), \qquad (0, 0, x_1^2), \qquad (0, x_1^2, 2x_1x_2);$$

$$m = 4 :$$

$$(0, 0, 0, x_2^2 + 2x_1x_3), \quad (0, 0, 0, x_1^2), \quad (0, 0, x_1^2, x_2^2 + 2x_1x_3),$$

$$(0, 0, 2x_1x_2, a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2), \quad (0, x_1^2, 2x_1x_2, 0),$$

$$(0, x_1^2, 2x_1x_2, x_2^2 + 2x_1x_3).$$

Si, dans un groupe m-aire (ε), la matrice S_x a le rang r, les m expressions f_α sont liées par $m - r$ relations distinctes, algébriques et homogènes. Le groupe sera dit *normal*, si ces relations sont toutes linéaires ; sinon, (ε) est anormal.

Le seul groupe anormal, pour $m < 6$, est le groupe quinaire

$$(0,\ 0,\ 2x_1x_2,\ a_{411}x_1^2 + a_{422}x_2^2,\ a_{511}x_1^2 + a_{522}x_2^2),$$

où

$$\delta = \begin{vmatrix} a_{411} & a_{422} \\ a_{511} & a_{522} \end{vmatrix} \neq 0.$$

On a $r = 2$. Les cinq expressions f_α sont liées par les deux relations linéaires $f_1 = f_2 = 0$ et la relation quadratique

$$\delta^2 f_3^2 = \begin{vmatrix} f_4 & a_{422} \\ f_5 & a_{522} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{411} & f_4 \\ a_{511} & f_5 \end{vmatrix}.$$

Le rang r a $m - 1$ pour maximum. Pour $r = m - 1$, on a

$$s_{\alpha\beta} = x_{\alpha-\beta}.$$

S_x est

$$\begin{vmatrix} 0 & & & & & \\ x_1 & 0 & & & & \\ x_2 & x_1 & 0 & & & \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot & & & \\ x_{m-1} & x_{m-2} & \ldots & x_2 & x_1 & 0 \end{vmatrix},$$

$$k = m; \qquad g_1 = \ldots = g_m = 1.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation des séries asymptotiques en séries de polynomes tayloriens convergentes.* Note de M. **A. Buhl**, transmise par M. H. Poincaré.

M. H. Poincaré, pour montrer que les séries de la Mécanique céleste n'ont qu'une convergence asymptotique, a établi d'abord le fait pour des séries plus simples et plus symétriques ayant notamment la forme

$$(1) \qquad F(w, x) = \sum_n \frac{w^n}{1 - a_n x},$$

w étant plus petit que l'unité et a_n croissant indéfiniment avec n, sans cependant que la limite du rapport de a_{n+1} à a_n puisse surpasser 1 (*Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. I, p. 351, et t. II, p. 3).

Ces séries (1) donnent des développements tayloriens toujours divergents.

Je me propose d'établir qu'on peut, en leur appliquant les méthodes que j'ai étudiées dans mes Mémoires du *Bulletin des Sciences mathématiques*

(1907 et 1908), du *Journal de Mathématiques* (1908), ainsi que dans un Mémoire qui doit paraître prochainement aux *Acta mathematica*, les développer en séries de polynomes convergentes.

Écrivons d'abord (1) sous la forme

$$F(w, x) = \sum w^n \left(1 + a_n x + \ldots + a_n^{p-1} x^{p-1} + \frac{a_n^p x^p}{1 - a_n x}\right),$$

ou encore

$$F(w, x) = s_p + \sum w^n \frac{a_n^p x^p}{1 - a_n x}. \tag{2}$$

Je désigne par s_p l'ensemble de tous les termes tayloriens dont le degré est inférieur à p; c'est là ce que j'ai appelé un *polynome taylorien*.

De (2) on conclut immédiatement que, si x tend vers zéro,

$$\lim \frac{F(w, x) - s_p}{x^{p-1}} = 0,$$

ce qui est la propriété capitale utilisée par M. Poincaré.

Je vais procéder autrement. Soit

$$f(\xi) = \gamma_1 \xi + \gamma_2 \xi^2 + \gamma_3 \xi^3 + \ldots$$

une fonction *entière* ayant l'origine pour zéro. Soit $c_p = \gamma_p \xi^p$.

Si l'on multiplie la formule (2) par c_p et si l'on somme par rapport à p de 1 à l'infini, il vient

$$f(\xi) F(w, x) = \sum_{p=1}^{p=\infty} c_p s_p + \sum w^n \frac{f(\xi a_n x)}{1 - a_n x}.$$

Telle est la *formule fondamentale* qui réalisera un développement de $F(w, x)$ en série de polynomes s_p, *si l'on peut annuler le dernier sigma.*

Or il y a bien des manières d'arriver à ce but, et je me contenterai ici d'en indiquer une en partant d'hypothèses simples. Soient

$$f(\xi) = \sin \frac{\pi \xi}{2}, \qquad f(\xi a_n x) = \sin \frac{\pi \xi a_n x}{2}.$$

Admettons de plus que les a_n soient toujours des nombres entiers et les x toujours des nombres rationnels de la forme

$$\frac{2q}{2r+1},$$

r étant constant. Alors, si $\xi = 2r + 1$, $f(\xi a_n x)$ est toujours nul, $f(\xi)$ ne l'est jamais et le développement désiré est effectué.

Donner à x une valeur rationnelle de la forme indiquée n'est pas plus étrange que de donner à n'importe quelle variable continue une forme rationnelle dès qu'on désire l'introduire dans des calculs. Je me suis d'ailleurs expliqué sur ce point dans mes publications précitées.

Étendre ce qui précède aux séries de la Mécanique céleste présente des difficultés assez graves provenant du manque de symétrie, mais je ne les crois pas du tout insurmontables. Il n'y aurait là, bien entendu, qu'un appoint à la théorie analytique de ces développements, les habituelles séries divergentes restant, malgré tout, beaucoup plus pratiques que les séries de polynomes convergentes.

Enfin je dois ajouter que, bien que la convergence des séries de cette Note me paraisse résulter très suffisamment du procédé de formation, je me suis attaché à chercher des démonstrations basées sur l'étude de l'expression $\sqrt[p]{|c_p s_p|}$.

On trouve, dans cette voie, de nouveaux résultats fort intéressants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les applications du théorème de S. Lie généralisé.* Note de M. N. **Saltykow**, présentée par M. P. Appell.

Le théorème démontré dans ma Note que j'ai eu l'honneur de présenter dernièrement à l'Académie est successible d'importantes applications.

Ce théorème résout immédiatement, en premier lieu, le problème de S. Lie pour les équations partielles contenant explicitement la fonction inconnue, sans appliquer la théorie des caractéristiques généralisée. On sait bien que, dans ce cas, S. Lie transformait les équations données en un nouveau système d'équations indépendant de la fonction inconnue.

Secondement la théorie des caractéristiques, elle-même, peut être basée sur notre théorème. Considérons, en effet, le cas limite qui va suivre :

Soit le système normal de q équations partielles

$$(1) \qquad f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = \alpha_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, q,$$

résolubles par rapport aux variables $p_1, p_2, \ldots, p_q$, le système linéaire correspondant

$$(2) \qquad (f_i, f) = 0, \qquad i = 1, 2, \ldots, q,$$

admettant le système complet d'intégrales

$$(3) \qquad f_1, f_2, \ldots, f_q, \qquad f_{q+1}, \ldots, f_{2n-q+1}.$$

Égalant ces dernières à des constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_q, \alpha_{q+1}, \ldots, \alpha_{2n-q+1}$,

dont les $2n - 2q + 1$ dernières étant arbitraires, supposons qu'on en tire

$$(4)\quad \begin{cases} z = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_q, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n-q+1}), \\ x_{q+r} = \varphi_r(x_1, x_2, \ldots, x_q, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n-q+1}) & r = 1, 2, \ldots, n-q, \\ p_s = \psi_s(x_1, x_2, \ldots, x_q, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n-q+1}) & s = 1, 2, \ldots, n. \end{cases}$$

En posant

$$S \equiv \varphi - \sum_{r=1}^{n-q} p_{q+r}\varphi_r,$$

les formules

$$(5)\qquad \left(\frac{\dfrac{\partial S}{\partial \alpha_{q+k}}}{\dfrac{\partial S}{\partial \alpha_{2n-q+1}}}\right), \qquad k = 1, 2, \ldots, 2n - 2q.$$

définissent les intégrales du système (2), en vertu du théorème de S. Lie généralisé, la dérivée $\frac{\partial S}{\partial \alpha_{2n-q+1}}$ étant distincte de zéro et les parenthèses désignant le résultat d'élimination des constantes α moyennant les équations (4).

Par conséquent, les formules (5) représentent des fonctions des intégrales (3), acquérant, en même temps qu'elles, des valeurs constantes. Évaluant ces dernières par les valeurs initiales des variables et nous rappelant les fonctions U_c que j'avais introduites (*Comptes rendus*, 16 janv. 1899), on a

$$\frac{U_{\alpha_{q+k}}}{U_{\alpha_{2n-q+1}}} = \frac{U^0_{\alpha_{q+k}}}{U^0_{\alpha_{2n-q+1}}}, \qquad k = 1, 2, \ldots, 2n - 2q.$$

Il s'ensuit, en vertu de l'hypothèse $U^0_{\alpha_{2n-q+1}} \neq 0$, que, dans un certain domaine, la fonction $U_{\alpha_{2n-2q+1}}$ étant aussi distincte de zéro, les fonction $U_{\alpha_{q+k}}$ s'annulent donc en même temps que leurs valeurs initiales. Or, ces dernières conditions, je les avais étudiées en détail antérieurement (*Comptes rendus*, 16 janv. 1899, et *Journal de Mathématiques*, 1899, p. 435).

Le théorème démontré dispense donc des calculs complémentaires nécessaires pour établir la théorie des caractéristiques généralisée, ainsi que la théorie classique de Cauchy.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les corps solides* opposés. Note de M. **René de Saussure**, présentée par M. Émile Picard.

L'ensemble de toutes les positions A que peut prendre un corps solide dans l'espace constitue une multiplicité; toute série continue de positions A

constitue dans cette multiplicité une *forme géométrique* dont A est l'élément spatial primitif. Les systèmes de corps solides A donnent donc naissance à une géométrie spéciale, tout comme les systèmes de points donnent naissance à la géométrie ponctuelle, les systèmes de plans à la géométrie tengentielle ou les systèmes de droites à la géométrie réglée.

J'ai montré [1] qu'il existe une profonde analogie entre les systèmes de corps solides et les systèmes de droites. Pour mettre en évidence cette analogie, j'ai introduit la notion des *corps solides réciproques;* deux positions A et A′ d'un corps solide sont dites *réciproques* lorsqu'on peut passer de la première à la seconde *par une simple rotation*. La notion de réciprocité permet de trouver quelles sont les séries *linéaires* de corps solides.

M. Raoul Bricard, reprenant par la méthode analytique le point de vue synthétique auquel je m'étais placé pour étudier les systèmes de corps solides, est parvenu à définir toute position A d'un solide au moyen de 8 coordonnées homogènes : l, m, n, p, λ, μ, ν, ρ satisfaisant toujours à la relation

$$l\lambda + m\mu + n\nu + p\rho = 0 \quad [2].$$

La réciprocité de deux positions A et A′ s'exprime alors analytiquement par la condition

$$l\lambda' + \lambda l' + m\mu' + \mu m' + n\nu' + \nu n' + p\rho' + \rho p' = 0.$$

On voit que les coordonnées bricardiennes d'un corps solide sont tout à fait analogues aux coordonnées pluckériennes d'une droite et que les corps réciproques correspondent aux *droites qui se coupent* en géométrie réglée. Les équations précédentes montrent d'ailleurs que l'analogie entre les systèmes de corps solides et les systèmes de droites est complète.

Ainsi, par exemple, la *pentasérie linéaire*, c'est-à-dire le système linéaire le plus général qu'on peut former avec ∞^5 positions A d'un corps solide, se trouve représentée par l'équation générale du premier degré

$$Al + Bm + Cn + Dp + a\lambda + b\mu + c\nu + d\rho = 0,$$

où A, B, C, ..., d sont des constantes, et cette équation est tout à fait semblable à celle d'un *complexe linéaire* en géométrie réglée.

On pourrait imaginer d'autres systèmes de coordonnées pour définir la position A d'un corps solide, mais on peut aussi se proposer d'établir une correspondance synthétique directe entre les systèmes de corps solides et les

---

(1) Voir mon exposé résumé de la *Géométrie des Feuillets* dans les *Mémoires de la Société de Physique de Genève*, t. XXXVI, fasc. 2.

(2) Voir *Nouvelles Annales de Mathématiques*, janvier 1910.

système de droites, c'est-à-dire une correspondance indépendante de tout système particulier de coordonnées; cette correspondance synthétique est possible, non pas seulement au point de vue projectif, mais même au point de vue des relations métriques. C'est ainsi que M. Bricard a déjà trouvé, par exemple, que l'équation de la pentasérie linéaire la plus générale peut se mettre sous la forme synthétique

$$h \operatorname{tang} \frac{\theta}{2} = k,$$

k étant une constante et h et θ représentent respectivement la translation et la rotation du mouvement hélicoïdal au moyen duquel on peut atteindre toute position A appartenant à la pentasérie, à partir d'une position fixe A_0 (qui joue ici un rôle analogue à celui de l'*axe central* dans un complexe linéaire).

Le but de cette Note est de compléter le parallélisme entre les systèmes de droites et les systèmes de corps solides, en introduisant la notion des *corps solides opposés :* je dirai que *deux positions* A *et* A′ *d'un corps solide sont « opposées » lorsque la rotation du mouvement hélicoïdal permettant de passer de* A *à* A′ *est égale à* π (la translation étant d'ailleurs quelconque). Par exemple, la pentasérie linéaire présente deux cas spéciaux intéressants :

$$k = 0 \quad \text{et} \quad k = \infty.$$

Dans le premier cas, la pentasérie se réduit à l'ensemble des positions A *réciproques* d'une position fixe A_0. Ces deux cas correspondent aux deux cas spéciaux d'un complexe linéaire de droites :

$$h \operatorname{tang} \theta = k;$$

lorsque $k = 0$, on a le complexe spécial des droites D rencontrant une droite fixe D_0 et lorsque $k = \infty$, on a le complexe spécial des droites D *perpendiculaires* à une droite fixe D_0.

On voit donc que *les corps solides opposés correspondent aux droites perpendiculaires* en géométrie réglée. En effet, dans cette dernière géométrie, les droites ne possédant pas de sens, il suffit donc d'une rotation de 180° pour ramener une droite en coïncidence avec elle-même, tandis qu'il faut une rotation de 360° pour ramener un corps solide en coïncidence avec lui-même. Un angle θ en géométrie réglée correspond donc à un angle 2θ pour les systèmes de corps solides, en particulier l'angle $\frac{\pi}{2}$ dans la première géométrie, correspond à l'angle π dans la seconde. A tout système de droites

défini relativement à une droite fixe par une équation de la forme

$$f(h, \theta) = 0.$$

correspondra un système de corps solides défini relativement à un corps fixe, par l'équation

$$f\left(h, \frac{\theta}{2}\right) = 0.$$

Telle est la raison pour laquelle, dans les formules de composition des rotations, ce n'est pas l'angle, mais le demi-angle de rotation qui entre toujours en jeu.

En résumé, pour passer de la géométrie réglée à celle des systèmes de corps solides, il suffit de remplacer :

1° Les droites qui se coupent par des corps solides réciproques ;

2° Les droites parallèles par des corps solides parallèles ;

3° Les droites perpendiculaires par des corps solides opposés (ou plus généralement l'angle θ par 2θ). On aura soin seulement de tenir compte des modifications dues au fait que la position d'une droite ne dépend que de 4 paramètres, tandis que celle d'un corps solide dépend de 6 paramètres arbitraires. Les systèmes de corps solides donnent aussi naissance à une géométrie réelle à 6 dimensions; c'est la plus générale découverte jusqu'à ce jour (et probablement la plus générale possible) dans notre espace euclidien.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la flexion.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

1. La distribution des flexions est étroitement liée à celle des torsions. Dans un milieu à trois dimensions l'incurvation des fibres élémentaires résulte de la rotation dérivée et du glissement normal. Dans ce qui suit, je réserve le nom de *flexion* à l'incurvation par rotation. Ce sens restreint correspond d'ailleurs à celui que l'on donne habituellement au mot flexion dans les problèmes relatifs à la déformation des corps minces. La flexion d'une fibre droite diffère donc de la courbure de la fibre déformée : elle est seulement l'une des déformations élémentaires qui produisent cette courbure. Nous sommes amenés néanmoins à introduire pour la flexion les mêmes éléments géométriques que pour la courbure : plan de flexion, centre, rayon, axe de flexion. De même que pour la courbure des lignes,

la flexion d'une fibre élémentaire est entièrement déterminée par l'axe de flexion correspondant.

Pour une fibre élémentaire issue d'un point $M(x, y, z)$ et ayant pour cosinus directeurs α, β, γ, les équations de l'axe de flexion sont

$$\alpha(X-x)+\beta(Y-y)+\gamma(Z-z)=0, \tag{1}$$

$$1+\begin{vmatrix} X-x & Y-y & Z-z \\ \alpha & \beta & \gamma \\ R'_x & R'_y & R'_z \end{vmatrix}=0, \tag{2}$$

R'_x, R'_y, R'_z désignant, comme dans notre précédente Note, les composantes de la rotation dérivée dans le sens de la fibre.

2. Deux flexions d'une même fibre élémentaire se composent en une seule. L'axe de la flexion résultante s'obtient par une construction géométrique remarquable. Considérons les deux axes de flexion et les parallèles menées à ces axes par l'origine M de la fibre. Ces quatre droites forment un parallélogramme situé dans le plan normal à la fibre. L'axe de la flexion résultante est celle des diagonales du parallélogramme qui ne passe pas par le point M. Nous sommes ainsi conduits à un curieux mode d'association de droites qui devrait sans doute se retrouver dans d'autres questions de Géométrie; il correspond par polaires réciproques à l'addition géométrique des vecteurs.

Le théorème de Meusnier se rattache à cette construction. On pourrait l'énoncer en disant que la courbure d'une courbe tracée sur une surface est la résultante de la flexion normale et de la flexion géodésique.

3. *Flexion de torsion et flexion polaire.* — En appliquant à la rotation dérivée un procédé courant de la géométrie des vecteurs, on la décompose en deux parties, l'une symétrique, l'autre dissymétrique. La première a pour projections sur les axes, les demi-dérivées de la torsion par rapport aux cosinus directeurs. Elle est perpendiculaire au plan diamétral conjugué de la fibre dans l'indicatrice des torsions. Sa direction est donc, en général, différente de celle de la fibre; elle admet par conséquent une composante normale à laquelle correspond une première flexion que j'appelle *la flexion de torsion*.

Les composantes de la partie dissymétrique peuvent s'écrire

$$F_1=\varphi_2\gamma-\varphi_3\beta, \qquad F_2=\varphi_3\alpha-\varphi_1\gamma, \qquad F_3=\varphi_1\beta-\varphi_2\alpha;$$

en posant

$$2\varphi_1=\frac{\partial p_3}{\partial y}-\frac{\partial p_2}{\partial z}, \qquad 2\varphi_2=\frac{\partial p_1}{\partial z}-\frac{\partial p_3}{\partial x}, \qquad 2\varphi_3=\frac{\partial p_2}{\partial x}-\frac{\partial p_1}{\partial y}.$$

Je donne à l'ensemble des flexions correspondantes le nom de *flexion polaire* du milieu considéré au point M.

4. La flexion polaire est déterminée par le vecteur

$$\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3);$$

c'est la rotation de la rotation; mais le théorème suivant donne un mode de représentation moins conventionnel :

Tous les axes de flexion polaire des fibres issues d'un même point M *sont situés dans le même plan* P.

Je donne à ce plan P le nom de *plan principal de la flexion polaire*. De même que la flexion d'une fibre est définie par son axe, de même la flexion polaire du milieu, au point M, est déterminée par le plan principal, qui a pour équation

$$\varphi_1(X - x) + \varphi_2(Y - y) + \varphi_3(Z - z) + 1 = 0.$$

Les autres éléments géométriques relatifs à la flexion polaire sont : 1° *l'axe central*, perpendiculaire abaissée du point M sur le plan principal; 2° *le pôle* C, intersection du plan principal et de l'axe central; 3° *le rayon principal* MC.

Deux ou plusieurs flexions polaires en un même point se composent en une flexion polaire résultante. Les plans principaux se composent entre eux comme les axes dans les flexions de fibres.

Dans la déformation élastique d'un milieu homogène et isotrope, sous l'action de forces conservatives, il existe toujours un potentiel des flexions polaires. S'il n'y a pas de forces de masses, l'axe central est, en chaque point M, normal à la surface S, lieu des points d'égale dilatation cubique.

La flexion plane de la résistance des matériaux est la résultante d'une torsion et d'une flexion polaire.

5. *Flexion des éléments plans.* — La flexion de l'ensemble des fibres élémentaires de même origine et dirigées dans le même plan, donne lieu à des propriétés géométriques intéressantes, tant dans chacune des flexions composantes que dans la flexion totale. Par rapport au plan considéré, la flexion de chacune des fibres peut se décomposer en une flexion normale et une flexion tangentielle (ou géodésique). *La flexion normale moyenne* (analogue à la courbure moyenne) *est toujours indépendante de la torsion. Le centre de flexion normale moyenne se trouve donc dans le plan principal de la flexion polaire.*

Pour la flexion tangentielle nous avons cette proposition remarquable :

Dans un plan quelconque, tous les centres de flexion tangentielle des fibres issues d'un même point sont en ligne droite.

6. Je signale pour mémoire les *lignes d'inflexion totale* et les plans *d'inflexion tangentielle;* ce sont respectivement les arêtes et les faces d'un même trièdre analogue au trièdre de Bertrand. Enfin, la congruence du second ordre formée par les axes de flexion relatifs aux fibres élémentaires issues de la même origine, jouit également de certaines propriétés géométriques liées aux éléments de la déformation par des relations simples.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le mouvement d'un fil dans l'espace.* Note de M. **J. Arnoult**, présentée par M. P. Appell.

L'étude du mouvement d'un fil dans un plan fixe a été ramenée à celle d'une équation aux dérivées partielles du sixième ordre par M. Resal (1) et à celle d'une équation du quatrième ordre par M. Appell (2). M. Routh (3) qui l'a ramenée aussi à l'étude d'une seule équation mais moins simple a donné une équation différentielle spéciale qui permet de calculer sous certaines conditions la tension du fil soumis à des forces connues.

M. Floquet (4) a donné pour un fil dans l'espace une méthode qui remplace l'étude du mouvement et de la tension par celle d'un système de neuf équations aux dérivées partielles du premier ordre qui, dans le cas du mouvement plan, se réduisent aux équations de M. Resal. Il a en outre ramené les équations du mouvement en coordonnées quelconques à une forme canonique. Citons aussi les travaux de M. Léauté (5).

Nous allons indiquer une méthode qui conduit à un système de deux équations aux dérivées partielles du quatrième et cinquième ordre ; la tension sera en outre donnée explicitement par une équation simple.

---

(1) Resal, *Traité de Mécanique générale*, t. I.

(2) P. Appell, *Sur le mouvement d'un fil dans un plan fixe* (*Acta mathematica*, 12); *Quelques remarques sur les équations du mouvement d'une chaîne parfaitement flexible* (*Annaes da Academia do Porto*, t. IV, 1909).

(3) Routh, *Advanced rigid Dynamics*, t. II.

(4) *Comptes rendus*, 10 octobre 1892; 1er avril 1889; 25 juin, 2 et 9 juillet. 22 octobre 1900.

(5) *Comptes rendus*. 10 novembre 1879; *Bulletin de la Société philomathique*, 18 novembre 1879.

M. de Montcheuil, dans un Mémoire [1] sur la séparation analytique d'un système de rayons incidents et réfléchis, a obtenu des formules qui donnent les coordonnées d'un point d'une courbe quelconque ainsi que l'arc en fonction rationnelle de deux fonctions C et D d'un paramètre U et de leurs dérivées. De plus il a montré comment on pouvait déterminer ces deux fonctions pour une courbe donnée. Ces formules sont :

$$(1)\quad \begin{cases} x = \dfrac{1-u^2}{2}(C''+D') + uC' - C, \\ y = i\left[\dfrac{1+u^2}{2}(C''+D') - uC' + C\right], \\ z = u(C''+D') - C', \\ s = D. \end{cases}$$

Considérons un fil libre dans l'espace, inextensible, soumis en chacun de ses points à des forces quelconques; considérons la forme de ce fil à un instant déterminé, la connaissance des deux fonctions C et D correspondant à cette courbe nous donnera au moyen des formules (1) les coordonnées d'un point quelconque de cette courbe et son arc; inversement si on connaissait la forme du fil, on pourrait en déduire C et D. Il en sera ainsi à un instant quelconque.

Si nous déterminons des fonctions C et D de u et t telles qu'à chaque valeur de t nous ayons des fonctions C et D de u donnant la forme du fil à ce même instant, le problème du mouvement du fil sera résolu à l'aide de ces deux fonctions.

Considérons les équations bien connues du mouvement d'un fil :

$$m\left(\alpha\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \beta\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \gamma\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}\right) = \frac{\partial T}{\partial s} + m\Phi,$$

$$m\left(\alpha'\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \beta'\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \gamma'\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}\right) = \frac{T}{\rho} + m\Psi,$$

$$\alpha''\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \beta''\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \gamma''\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = X,$$

où α, β, γ, α', β', γ', α'', β'', γ'' désignent respectivement les cosinus directeurs de la tangente, de la normale principale, de la binormale de la courbe forme du fil au point de coordonnées x, y, z à l'instant t; les sens positifs étant choisis sur ces directions respectivement suivant la tangente positive, la normale principale dirigée vers le centre de courbure et la binormale menée dans un sens tel que le trièdre formé par ces trois directions ait

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, t. XXXI, 1903.

même disposition que celui des coordonnées $Oxyz$; Φ, Ψ, X désignant les composantes suivant ces trois directions des forces appliquées au point xyz rapportées à l'unité de masse, ρ étant le rayon de courbure de la forme du fil, mds la masse de l'élément, T la tension.

Après avoir exprimé toutes les quantités qui entrent dans ces équations à l'aide des fonctions C et D et des variables u et t, nous obtenons pour déterminer le mouvement le système

$$(1)\qquad \frac{1}{m}\frac{\partial T}{\partial u} + D'\Phi + \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}(C''' + D'') + D'\left(\frac{\partial^2 C'}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 D}{\partial t^2}\right) = 0.$$

$$(2)\qquad \frac{\rho}{D'^2}\left[(C''' + 2D'')^2\left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)^2 - 2\left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)^2\frac{C^{\text{IV}} + D'''}{D'} + 2\frac{\partial D}{\partial t}\left(\frac{\partial C'''}{\partial t} + \frac{\partial D''}{\partial t}\right)\right.$$
$$- 2\frac{\partial D}{\partial t}\frac{\partial D'}{\partial t}\frac{C'' + D''}{D'} - \frac{\partial^2 C'}{\partial t^2}(C''' + D'') - \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}(C^{\text{IV}} + D^{\text{v}})$$
$$\left. - D'\left(\frac{\partial^2 C'}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 D'}{\partial t^2}\right) + \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}\frac{(C''' + D'')D''}{D'} - \left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)^2\frac{D'^2}{D'^2}\right] = \frac{1}{m\rho} + \Psi.$$

$$(3)\qquad - D'^2\left(\frac{\partial^2 C''}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 D'}{\partial t^2}\right) - \frac{\partial^2 C'}{\partial t^2}D'(C''' + D'') - \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}(C''' + D'')(C''' + 2D'')$$
$$+ D'\frac{\partial^2 C}{\partial t^2}(C^{\text{IV}} + D''') - 2\frac{\partial D}{\partial t}\frac{\partial D'}{\partial t}(C''' + D'') + 2\frac{\partial D}{\partial t}D'\left(\frac{\partial C''}{\partial t} + \frac{\partial D''}{\partial t}\right) = \frac{XD'^3}{i\rho}.$$

Dans ces équations les accents indiquent les dérivées partielles par rapport à u, et ρ a la valeur suivante :

$$\rho = \frac{D'^2}{\sqrt{(C''' + 2D'')^2 - D'^2 - 2D'(C^{\text{IV}} + D''')}}.$$

Par un calcul simple, nous pouvons remplacer le système des équations (1), (2), (3) par l'équation (3) à laquelle nous joindrons les deux suivantes :

$$(4)\qquad \frac{1}{m}\frac{\partial}{\partial u}\left\{m\left[\left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)^2 + D'\frac{\partial^2 C}{\partial t^2} - \rho(\Psi + iX)\right]\right\}$$
$$+ \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}(C''' + D'') + D'\left(\frac{\partial^2 C'}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 D}{\partial t^2}\right) + D'\Phi = 0,$$

$$(5)\qquad T = m\left[\left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)^2 + D'\frac{\partial^2 C}{\partial t^2} - \rho(\Psi + iX)\right].$$

L'équation (3) qui est du quatrième ordre et l'équation (4) qui est du cinquième nous donnent C et D. L'équation (5) donne la tension.

A tout système particulier d'intégrales correspond un mouvement pos-

sible du fil, à condition que la valeur de la tension fournie par l'équation (5) soit positive.

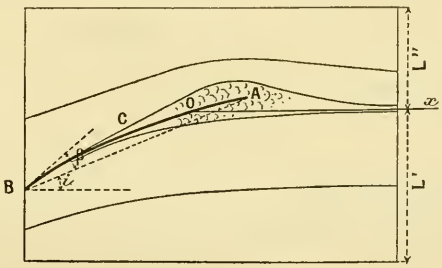
Nous nous réservons de développer les applications de cette méthode dans un mémoire étendu.

AÉRONAUTIQUE. — *La poussée sur la surface portante des aéroplanes.* Note [1] de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. H. Deslandres.

En 1908, j'ai défini cette poussée par les expressions suivantes de ses composantes, F perpendiculaire et H parallèle au déplacement général :

$$F = KSV^2\alpha, \qquad H = KSV^2(r\alpha^2 + s),$$

avec $\alpha = i + \gamma$, i étant l'inclinaison de la corde, γ un angle fixe pour chaque surface, et nul pour le plan. Je me propose de préciser la question par le calcul.



Dans l'ignorance où nous sommes des effets des remous, force est de s'en tenir à la masse d'air dont l'écoulement est régulier, et d'admettre que la masse qui est le siège de mouvements tourbillonnaires a pour seul effet de transmettre à la surface les pressions résultant de l'écoulement des molécules suivant des trajectoires régulières, ou filets. Dès lors, si l'on connaît la vitesse à la sortie de ces filets, le théorème des quantités de mouvement donne F et H. La méthode comporte donc des réserves. Néanmoins, on peut établir des expressions très satisfaisantes en interprétant, d'aussi près

(1) Reçue dans la séance du 6 juin 1910.

que possible, les phénomènes de l'écoulement régulier : tel est l'objet de cette Note.

Rankine ébaucha la première théorie de ce genre. Pour les inclinaisons utilisées en aviation, M. Rateau apporta une contribution importante en dégageant, dans son ensemble, le mode d'action de la nappe d'air qui s'écoule sur la face dorsale; ses formules sont :

$$F = KSV^2\delta, \qquad H = KSV^2\left(\frac{\delta^2}{2} + \varepsilon\right);$$

K est proportionnel à la hauteur L de la lame fluide qui va être influencée; δ et ε sont l'angle de déviation et la diminution relative de la vitesse en B.

J'obtiens des formules plus conformes aux résultats d'expériences en traduisant ce triple fait : soient P le plan où commence la déviation des filets, Q le plan parallèle mené par B; à mesure que les filets franchissent P à une plus grande distance l de la ligne neutre Ox, δ et ε diminuent, pour s'éteindre sur le filet $l = L$; de même, l'influence de la courbure sur δ et ε s'éteint sur le filet L_1, L_1 étant au plus égal à L. J'exprime ces faits à l'aide de coefficients $\eta = e^{-\left(\frac{l}{a}\right)^n}$, $\eta_1 = e^{-\left(\frac{l}{a_1}\right)^n}$, où a et a_1 sont tels que η et η_1 soient très petits quand $l = L$ ou L_1.

On peut alors prendre

$$\int_0^L \eta\, dl = \int_0^\infty \eta\, dl,$$

et l'on a la formule générale

$$\int \eta^p \eta_1^q\, dl = a\, I\, R_{pq},$$

dans laquelle

$$I = \int_0^\infty e^{-z^n}\, dz, \qquad R_{pq} = \sqrt[n]{\frac{1}{p + q\rho^n}} < 1, \qquad \rho = \frac{a}{a_1}.$$

Ceci posé, imaginons des lois suffisamment approchées pour δ et ε.

Les filets très voisins de la surface, guidés par elle, ont en B une déviation $i + \beta$, β étant l'angle en B *de la face considérée* avec sa corde. Mais, pour les filets plus éloignés, l'influence de la courbure et la déviation vont en s'éteignant : c'est ce qu'exprime la loi

$$\delta = \eta(i + \eta_1\beta).$$

Quant à ε, considérons les filets très voisins de la surface au delà de la zone tourbillonnaire AC, dans la partie CB de forte déviation qui diminue

surtout la vitesse. Il est logique d'admettre que ε est *minimum* pour le profil de surface tel que CB ait une forme convenant à un filet d'air (analogue aux formes de filets d'eau de Rankine et de M. Simonot). Soit β_0 la valeur de β pour ce profil; le plan mince donne $\beta_0 = 0$ pour $i = 0$, car les filets sont alors parallèles au plan : d'où $\beta_0 = li$ comme première approximation, l étant un certain coefficient. Pour tout autre profil ayant $\beta \gtrless \beta_0$, ε est de la forme $s_0 + m(\beta - li)^2$ sur les premiers filets. Sur les filets plus éloignés, on obtient, en raisonnant comme pour δ :

$$\varepsilon = \eta[s_0 + \eta_1 m(\beta - li)^2].$$

Cela étant, supposons une voilure mince où la surface ventrale et la surface dorsale sont parallèles, avec même valeur de ρ pour les deux nappes (les expressions finales seraient d'ailleurs de même forme si ρ avait une valeur différente pour chaque face, ou si la section était lunulaire). Les composantes F′, H′ (nappe inférieure) et F″, H″ (nappe supérieure) ne diffèrent alors que par a' et a'', et l'on a pour la poussée totale

$$F = KSV^2(i + \lambda\beta).$$
$$H = KSV^2(ri^2 + \mu\beta i + s_0 + \nu\beta^2).$$

avec

$$K = A(a' + a'')L, \qquad \lambda = R_{11},$$
$$r = \frac{1}{2}R_{20} + l^2 m R_{11}, \qquad \mu = R_{21} - 2lmR_{11}, \qquad \nu = \frac{1}{2}R_{22} + mR_{11}.$$

Remarques. — 1° K est proportionnel à $a' + a''$, quantité indépendante de i et de β, ce qui est conforme aux expériences de M. Riabouchinsky et de M. Rateau. K ne dépend donc que des dimensions de la surface et, en particulier, de son allongement. Avec les théories antérieures, où K est proportionnel à $L' + L''$, il est difficile d'imaginer que, pour le plan tout au moins, K ne soit pas nul avec i.

2° De même, il est difficile d'imaginer, avec ces théories, qu'on n'ait pas $F' > F''$, puisque $L' > L''$, comme le montrent notamment les spectres de M. Riabouchinsky. Or les diagrammes de répartition des pressions de M. Eiffel donnent $L' < L''$ aux faibles inclinaisons, ce qui implique simplement $a' < a''$.

3° Pour les surfaces minces, F est proportionnel à $i + \beta$ dans la théorie Rateau, et, dans la mienne, à $i + \lambda\beta$, avec $\lambda < 1$. Or, l'expérience a donné à M. Rateau lui-même $i + 4°30'$ avec une plaque où $\beta = 10°$, et j'ai trouvé $i + 8°$ pour la plaque Eiffel ayant $\beta = 17°10'$. En prenant dans mes formules n et ρ égaux à 1, on a $\lambda = R_{11} = 0,5$, résultat cadrant assez bien avec les deux expériences précitées.

4° Les courbes expérimentales $H = f(i)$ de M. Riabouchinsky et de M. Rateau donnent pour r des valeurs diverses, généralement inférieures à la valeur 0,5 de la théorie Rateau ; c'est ce que ma théorie permet d'obtenir.

5° Le point bas de ces courbes se trouve sensiblement sur l'axe $i = 0$, en tout cas

à une distance positive de la droite $\delta = 0$. Avec la forme $\varepsilon = a + bi$ proposée par M. Bateau, où $b > 0$, il en serait à la distance $-b$. Au contraire, ma formule de H cadre bien avec les expériences, car $\mu\beta$, nul pour le plan, est toujours très faible, et peut être nul pour les surfaces incurvées, en raison de la forme μ.

6° L'expression $s_0 + \lambda\beta^2$ rend bien compte des résultats de M. Riabouchinsky.

MAGNÉTISME. — *Stabilité d'aimantation des poteries lacustres.* Note de M. **Paul Mercanton**, présentée par M. Lippmann.

La méthode imaginée par G. Folgheraiter pour déterminer le sens et la grandeur de l'inclinaison magnétique terrestre au moyen des terres cuites naturelles et artificielles, repose sur cette hypothèse essentielle que l'aimantation prise par l'argile pendant sa cuisson n'a pas varié ensuite au cours des âges. Folgheraiter en a donné la démonstration pour la céramique grecque et étrusque; Bernard Brunhes et David l'ont fait également pour certaines argiles cuites naturelles du (Cantal et du Puy-de-Dôme) Plateau central français. Depuis longtemps, j'applique la méthode de Folgheraiter aux poteries palaffittiques; ces poteries sont souvent insuffisamment et irrégulièrement cuites; il m'a paru de tout temps nécessaire, vu ces conditions défavorables, de contrôler, à leur endroit, la validité de l'hypothèse fondamentale de leur stabilité magnétique.

Cette vérification, d'une technique très simple, est rendue malaisée par le manque de matériel adéquat. Ce matériel consistera, en effet, en pièces de céramique, d'origine certaine, trouvées à l'état de fragments éparpillés au voisinage les uns des autres, et dont on puisse affirmer que le bris est bien contemporain de l'enfouissement et non pas dû à la maladresse des fouilleurs.

Ces fragments sont étudiés un à un, au magnétomètre et leur distribution magnétique repérée exactement. Si l'aimantation prise à la cuisson est stable, les fragments n'auront pas réagi magnétiquement les uns sur les autres d'une manière durable et le champ terrestre n'aura pas non plus modifié leur aimantation. Chaque fragment aura donc conservé la distribution magnétique correspondant à sa position dans le vase reconstitué, et l'aimantation globale du vase sera encore telle qu'elle était à l'époque de sa fabrication.

Sinon le désordre de la distribution magnétique se révélera aussitôt.

J'ai pu appliquer ce critère : 1° à un vase, recueilli en fragments nombreux par M. F.-A. Forel dans une tombe du Boiron de Morges; ce vase, d'une pâte rouge assez dure et bien cuite, est du bel âge du bronze des palaffittes;

2° A un vase du même âge, trouvé également brisé en plusieurs pièces

dans la station de Corcellettes (lac de Neuchâtel); ce vase a séjourné longtemps dans l'eau, à l'état fragmentaire, dès l'époque de sa fabrication, comme en témoigne l'aspect des cassures; il est d'une pâte plus tendre, mal cuit et peu aimanté.

Pour l'un et l'autre vase, l'examen magnétométrique a indiqué une distribution magnétique, tant des tessons que de la pièce reconstituée, en tous points conforme à l'hypothèse de la stabilité complète de l'aimentation.

La méthode de Folgheraiter est donc applicable à la céramique palaffittique et, par extension, presque sûrement à la céramique, de fabrication tout à fait analogue, d'autres âges préhistoriques.

Comme les vases antérieurement étudiés par moi, les deux vases ont révélé qu'au bel âge du bronze l'inclinaison magnétique terrestre était boréale et plutôt forte en Suisse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques sulfates doubles de thorium.* Note de M. **Barre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Sulfates doubles de thorium et de potassium. — On ne connaît d'une façon certaine que le sel $2K^2SO^4, Th(SO^4)^2, 2H^2O$, obtenu pour la première fois par Berzélius [1], et qui a fait l'objet d'une étude cristallographique de Wyrouboff [2]. Berzélius a constaté que ce sel est complètement insoluble dans une solution saturée à froid de sulfate de potassium.

Poursuivant les recherches entreprises sur les sels doubles formés par les sulfates peu solubles avec les sulfates alcalins, j'ai étudié la solubilité du sulfate de thorium dans des solutions de sulfate de potassium de concentration croissante. A la température ordinaire (16°), on constate d'abord un accroissement considérable de la solubilité du sulfate de thorium, puis une diminution extrêmement rapide; enfin on arrive à une complète insolubilité. Voici les nombres obtenus, rapportés à 100 parties d'eau :

K^2SO^4.	$Th(SO^4)^2$.
0,000	1,390
0,124	1,667
1,004	2,193
1,152	3,191
1,224	2,514

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XLIII, 1830, p. 5.
(2) *Bulletin de la Société minéralogique*, t. XXIV, 1901, p. 105.

K^2SO^4.	$Th(SO^4)^2$.
1,283	2,222
1,348	1,706
1,378	1,637
1,487	0,870
1,633	0,635
1,844	0,370
2,512	0,128
3,092	0,070
4,050	0,027
4,825	0,003

Quoique assez peu nettement, on distingue plusieurs branches dans la courbe obtenue en portant K^2SO^4 en abscisse et $Th(SO^4)^2$ en ordonnée. Ces diverses branches de courbe correspondent à trois sels doubles différents :

1° $Th(SO^4)^2.K^2SO^4.4H^2O$, fines aiguilles entrelacées.

	Trouvé.	Calculé.
H^2O.....	10,85	10,73
ThO^2.....	39,5	39,44
SO^3.....	35,6	35,79

2° $Th(SO^4)^2.2K^2SO^4.2H^2O$, petits cristaux tricliniques, perd son eau de cristallisation au-dessous de 100°.

3° $Th(SO^4)^2.3,5K^2SO^4$, cristaux beaucoup plus petits que les précédents, mais paraissant de même forme. De très nombreuses analyses de ce sel ont été faites; elles ont toujours donné :

ThO^2.....	25,75
SO^3.....	42,50

La formule indiquée exige $ThO^2 = 25,59$; $SO^3 = 42,57$.

La présence d'eau de cristallisation n'a pu être constatée, même en chauffant au voisinage de la décomposition du sulfate de thorium. C'est ce sel qui se forme pour une concentration en sulfate de potasse supérieure à 3,5 pour 100, et qui peut être considéré comme complètement insoluble dans des solutions de K^2SO^4 de concentration supérieure à 5 pour 100.

A 75°, j'ai retrouvé les mêmes sels, mais partiellement décomposés; le sulfate de thorium en effet se transforme en sel basique à partir d'une température voisine de 55°. Seul le dernier sel double présente une décomposition très faible.

Sulfate de thorium et de sodium. — A la température ordinaire (16°), la solubilité du sulfate de thorium dans des solutions de sulfate de sodium de

concentration croissante est la suivante :

Na^2SO^4 dans 100 parties d'eau.	$Th(SO^4)^2$ dans 100 parties d'eau.
1,094	1,743
1,960	2,387
2,84	3,800
2,98	3,962
4,11	3,375
5,79	2,136
9,35	1,379
12,24	1,169
15,36	1,048

Comme on le voit, la solubilité présente encore un maximum très prononcé, mais on n'arrive plus à l'insolubilité complète. Un seul sulfate double prend naissance dans ces conditions; c'est celui obtenu par Clève [1] et qui répond à la formule $Th(SO^4)^2.Na^2SO^4.6H^2O$.

Sulfates de thorium et d'ammonium. — Les résultats les plus nets ont été obtenus avec le sulfate d'ammonium. La solubilité du sulfate de thorium est augmentée d'une façon considérable par la présence de $(NH^4)^2SO^4$. Voici les résultats obtenus à la température ordinaire (16°) pour 100 parties d'eau :

$(NH^4)^2SO^4$.	$Th(SO^4)^2$.
2,13	3,361
4,80	5,269
10,02	8,947
16,56	13,330
28,00	10,359
35,20	9,821
45,14	6,592
49,05	5,750
52,88	4,583
69,74	1,653

Si l'on porte en abscisse $(NH^4)^2SO^4$ et en ordonnée $Th(SO^4)^2$, la courbe obtenue présente quatre branches :

1° La première correspond à $Th(SO^4)^2$ comme phase solide de 0 à 16,5 pour 100 de $(NH^4)^2SO^4$;

---

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXI, 1874, p. 115.

2° La deuxième, de 16,5 à 35,2 pour 100 de $(NH^4)^2SO^4$, correspond au sulfate double

$$Th(SO^4)^2.(NH^4)^2SO^4,4H^2O,$$

qui avait été obtenu une seule fois par Rosenheim, Samter et Davidsohn (1), et qui n'avait pu être reproduit par ces auteurs;

3° A la troisième branche de courbe, de 35,2 à 51 pour 100 de $(NH^4)^2SO^4$, correspond le sulfate double

$$Th(SO^4)^2,2(NH^4)^2SO^4.2H^2O,$$

obtenu pour la première fois par Rosenheim, Samter et Davidsohn;

4° Enfin, à la dernière branche de courbe correspond le sulfate double

$$Th(SO^4)^2,3(NH^4)^2SO^4,3H^2O.$$

Ce sel a été obtenu en gros prismes monocliniques parfaitement transparents.

	Trouvé.	Calculé.
Perte au rouge naissant $[(NH^4)^2SO^4,xH^2O]$....	51,34	51,45
SO^3.....	45,62	45,72
ThO^2.....	30,17	30,24

En résumé, lorsqu'à une solution de concentration croissante en sulfate alcalin on ajoute du sulfate de thorium, on constate que ce sulfate se dissout abondamment; au bout de quelques instants d'agitation, il se dépose, dans certaines conditions de concentration, des sulfates doubles, au nombre de trois pour le sulfate de potasse, un pour le sulfate de soude et trois pour le sulfate d'ammoniaque.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation de l'amalgame d'aluminium.* Note de M. **P. Roger-Jourdain**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente (2), concernant la teneur en eau de l'alumine provenant de l'oxydation à l'air de l'amalgame d'aluminium, nous avions déjà signalé la présence de gaz dans le corps obtenu. Ces gaz sont de l'acide carbonique et de l'oxygène, qui ne sont pas simplement occlus dans la matière, comme nous l'avions pensé d'abord, mais bien combinés à l'alumine. Cette combinaison est assez stable à froid, elle ne se décompose

(1) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, t. XXXV, 1903, p. 424.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, p. 391, 1910.

que très incomplètement et avec une extrême lenteur dans le vide à la température ordinaire. La décomposition devient au contraire rapide à 110° et instantanée à 160°.

Une preuve directe de l'existence d'une combinaison est que d'autres gaz, l'acétylène par exemple, dont la condensation dans les corps poreux est habituellement du même ordre que celle de l'acide carbonique, n'est aucunement absorbé par cette matière. D'autre part, une fois qu'on a extrait à chaud, dans le vide, les gaz combinés, la matière n'est plus apte à les réabsorber à froid, comme cela a lieu dans les phénomènes d'occlusion.

L'alumine obtenue par oxydation à l'air ordinaire dégage à chaud dans le vide un volume de gaz sensiblement constant d'une préparation à l'autre : $27^{cm^3},8$; $30^{cm^3},4$; $28^{cm^3},7$; soit, en nombre rond, 30^{cm^3} pour 1^g de matière hydratée, c'est-à-dire 60^{cm^3} pour 1^g d'alumine anhydre, puisque la perte à la calcination, comme nous l'avons montré précédemment, est voisine de 50 pour 100.

Ces gaz sont exclusivement composés d'un mélange d'acide carbonique et d'oxygène. Dans une première expérience, nous avions trouvé exactement le rapport de 2^{vol} de CO^2 pour 1^{vol} de O^2, ce qui pouvait faire penser à l'existence d'un percarbonate; mais dans des expériences successives les résultats ont été très variables, comme le montrent les compositions centésimales suivantes des mélanges gazeux recueillis :

CO^2	65,2	68,0	84,6	80,5
O^2	34,8	32,0	15,4	19,5

Il est plus probable que l'on a affaire à un mélange d'un carbonate d'alumine et d'un peroxyde, indépendants l'un de l'autre. S'il en est ainsi on doit pouvoir, en changeant la composition de l'atmosphère où se fait l'oxydation, faire varier, dans de larges limites, les proportions relatives des deux gaz combinés. Voici les résultats des trois expériences faites parallèlement dans l'air ordinaire, dans de l'air additionné d'acide carbonique, dans de l'acide carbonique mêlé d'un peu d'air :

Atmosphère.	Volume total pour 1^g.	CO^2 pour 100.	O^2 pour 100.
	cm^3		
Air ordinaire.....	30	75	25
Air chargé de CO^2.....	57	85	15
Acide carbonique.....	43	»	»

L'air sec, l'oxygène sec et l'acide carbonique sec ne paraissent avoir

aucune action sur l'amalgame d'aluminium. La présence de l'eau est indispensable.

Celle-ci d'ailleurs, dans le vide et en l'absence d'oxygène, oxyde facilement l'aluminium avec dégagement d'hydrogène : mais dans le cas de mélanges gazeux renfermant de l'oxygène, la majeure partie de l'oxydation, peut-être la totalité, est produite par l'absorption directe du gaz libre. Une cloche de 7^{l} fut remplie d'oxygène et maintenue saturée d'humidité par l'addition d'une certaine quantité d'eau liquide placée dans une capsule; sous la même cloche, on maintint pendant 48 heures de l'amalgame d'aluminium qui s'oxyda en donnant la couche pulvérulente habituelle d'alumine. Au bout de ce temps la pression avait diminué dans la cloche de 7^{cm} de mercure; il y avait donc bien eu absorption d'oxygène, grâce à la présence de l'eau qui exerce là une sorte d'action catalytique.

Cette alumine, carbonatée et oxygénée, se dissout dans les acides avec effervescence. L'acide carbonique se dégage, mais la totalité de l'oxygène passe à l'état d'eau oxygénée [1], dont le dosage par le permanganate de potasse conduit aux mêmes teneurs en oxygène que la mesure directe du volume de ce gaz dégagé par la chaleur.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Examen de liquides dégagés par l'action de l'air sur la houille, entre* 125° *et* 200°. Note de MM. **P. Mahler** et **E. Charon**, présentée par M. A. Haller.

L'étude de l'action de l'air sur la houille a fourni à l'un de nous quelques observations qui ont fait l'objet d'une récente Communication [2]. Il a soumis des échantillons bien desséchés de houilles d'Anzin, de Courrières, d'Azincourt et de Decazeville à l'action d'un courant d'air, sous des températures croissant depuis la température ordinaire jusqu'à 200°. Il a constaté que cette action, dès une température relativement basse, dégage de l'oxyde de carbone, du gaz carbonique et de l'eau.

Jusqu'à 100° environ, l'eau condensée ne présente pas de particularités. Entre 125° et 200°, le dégagement d'eau prend un accroissement considérable. Il s'agit là, sans doute, d'eau de constitution provenant de la déshy-

---

[1] Depuis que nous avons fait ces recherches, M. Georges Friedel nous a signalé que M. Mayençon, professeur au lycée de Saint-Etienne, avait depuis longtemps déjà remarqué les propriétés oxydantes de cette alumine, mais sans avoir fait aucune publication à ce sujet.

[2] *Comptes rendus*, t. 150, 1er sem. 1910, p. 1521.

dratation ou de la déshydrogénation de certains éléments du charbon, puisque des faits reconnus montrent que l'opération étudiée est une véritable oxydation, à basse température.

Nous avons recueilli de ce liquide obtenu, pendant le chauffage au-dessus de 125°, une quantité suffisante pour l'examiner.

Il est transparent, limpide, sans trace appréciable de produits insolubles. Son odeur est celle que l'on perçoit près des grands amas de charbon : odeur qui semble due aux corps dont nous parlons plus loin et à des traces de carbures volatils. Il est nettement acide, surtout quand la température de la houille a été élevée au-dessus de 150°. Cette acidité dépend principalement de la présence de l'acide acétique et elle peut devenir assez grande. Ainsi, dans un cas, le dosage de l'acidité totale a atteint 22 pour 100, avec la houille de la veine Mark d'Anzin; dans un autre cas, il a atteint 40 pour 100, avec la houille de la veine Joséphine de Courrières : ces dosages pratiqués sur des liquides provenant de houilles chauffées à 200°.

L'acide acétique a été identifié à l'aide des méthodes classiques. On a pu aussi l'isoler sous forme d'acétate et le régénérer en nature. Il paraît renfermer des traces d'acide formique. Nous n'avons pu constater la présence des homologues supérieurs. Il eût fallu, pour essayer un fractionnement, beaucoup plus de liqueur acide que ne pouvait nous en donner notre installation, à l'École des Mines.

Dans la même solution aqueuse, nous avons décelé l'acétone, notamment par la formation de l'iodoforme, en nous entourant de toutes les précautions recommandées par les auteurs qui ont étudié cette réaction. Comme, d'autre part, la formation de l'iodoforme peut prêter à interprétation inexacte, nous avons précisé cette présence de l'acétone au moyen de la réaction très sensible due à M. Denigès [1]. Les quantités d'acétone observées sont certainement inférieures à celles d'acide acétique.

L'action même prolongée du bisulfite de rosaniline ne nous a pas décelé la présence d'aldéhydes.

Enfin nous avons cherché l'alcool méthylique et nous en avons démontré l'existence, notamment, par la méthode de M. Denigès [2].

Nous poursuivons cette étude. Mais nous remarquons, dès à présent, que les corps que nous avons mis en évidence sont justement les corps principaux dégagés par la distillation du bois.

---

(1) *Bull. Soc. ch.*, 3e série, t. XXI, p. 241.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1er sem. 1910, p. 832.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le méthyl-1 éthanoyl-1 cyclohexane.* Note de M. **P.-J. Tarbouriech**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note antérieure [1] j'ai indiqué que le cyclohexanol-α diméthylcarbinol-1 : $C^6H^{10}OH - COH = (CH^3)^2$ se déshydrate sous l'action de certains acides en donnant simultanément naissance à un corps cétonique de composition $C^9H^{16}O$, et un hydrocarbure qui diffère du précédent par une molécule d'eau en moins et répond à la composition C^9H^{14}.

La formation de la cétone ci-dessus, aux dépens du glycol bitertiaire primitif, s'accompagne évidemment d'une transposition moléculaire dont il était intéressant de déterminer le sens.

Dans le but d'établir la constitution de la cétone $C^9H^{16}O$ on a soumis ce produit à l'oxydation par le permanganate de potasse en solution alcaline.

Pour cela une molécule de cétone est versée dans une solution de permanganate (2^{mol}) à 3 pour 100, contenant 1 pour 100 de soude. Au bout de 24 heures, le permanganate étant complètement décoloré, on entraîne à la vapeur la cétone qui n'a pas réagi, et après avoir mis en liberté par HCl le produit d'oxydation on l'extrait à l'éther.

Le produit ainsi obtenu, distillé dans le vide, donne, en proportions d'ailleurs très inégales, deux portions : l'une passant à 140°-150° sous 28^{mm} et, en bien moindre quantité, une deuxième portion passant vers 220° sous 25^{mm}.

La première portion est constituée par un acide répondant à la composition $C^9H^{14}O^3$ et qui, rectifiée, bout à 141° sous 20^{mm}; sa constitution est celle d'un acide α-cétonique de formule $C^6H^{10}\begin{cases} CO - CO^2H\ (1) \\ CH^3\ (1) \end{cases}$ comme le montrent les faits ci-dessous.

L'acide $C^9H^{14}O^3$ donne une semicarbazone qui, après recristallisation dans l'alcool étendu fond à 198°. Ce produit possède encore sa fonction acide comme le montrent sa solubilité dans le carbonate de potasse et la faculté qu'il a de donner des éthers.

En effet la semicarbazone de l'acide $C^9H^{14}O^3$, en solution dans l'alcool méthylique, traitée par le sodium et le sulfate de méthyle, donne un éther méthylique, peu soluble dans l'éther et la benzine et qui, après recristallisation dans l'un ou l'autre de ces deux dissolvants, fond à 158°.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 604.

D'autre part l'acide $C^9H^{14}O^3$, donne une oxime parfaitement cristallisée, qui se décompose, sans fondre, vers 160°. Ce dérivé cristallise particulièrement bien dans l'alcool méthylique.

L'oxime ci-dessus possède la propriété des oximes d'acides α-cétoniques, de se décomposer sous l'action de la chaleur avec perte de CO^2 et H^2O. Il en résulte la formation d'un nitrile de formule $C^7H^{13}CAz$. Cette cyanhydrine bout à 180° à la pression ordinaire.

Hydratée au moyen de la potasse à 30 pour 100 dans l'alcool méthylique, elle donne un acide $C^7H^{13}CO^2H$ qui bout à 136° sous 23^{mm} et se prend par refroidissement en cristaux fondant à 39°.

Le chlorure de cet acide $C^7H^{13}COCl$ est un liquide d'odeur très désagréable, bouillant à 85° sous 24^{mm}.

Traité par le gaz ammoniac sec dans l'éther absolu, il donne une amide P. F. 66°).

La composition chimique et les constantes physiques de ces derniers composés identifient l'acide $C^7H^{13}CO^2H$ avec l'acide méthyl-1-cyclohexylcarbonique-1, $C^6H^{10}\begin{cases}CH^3\ (1)\\CO^2H\ (1)\end{cases}$ déjà obtenu par N.-D. Zelinski et I. Goutta [1] et permettent d'établir d'une façon définitive la structure de la cétone initiale et de son principal produit d'oxydation.

Il résulte de ces faits que, pendant la déshydratation du glycol bitertiaire primitif $C^6H^{10}OH - COH = (CH^3)^2$, l'un des groupes méthyle émigre sur le noyau hexahydrobenzénique et s'y fixe en position 1, pour donner le méthyl-1 éthanoyl-1 cyclohexane : $C^6H^{10}\begin{cases}CH^3\ (1)\\CO - CH^3\ (1)\end{cases}$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux cas d'oxydabilité spontanée avec phosphorescence.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

J'ai indiqué que onze composés sulfurés de trois familles différentes contenant le groupement $S = C\begin{cases}\\O -\end{cases}$ étaient phosporescents par oxydation spontanée à l'air [2]. La même propriété a été retrouvée dans les

(1) *Journ, Soc. phys. chim. R.*, t. XXXVIII, 1906, p. 477-478, fasc. 3 (*Bull. Soc. chim.*, t. II, 1908, p. 999).

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 876.

deux éthers chlorosulfocarboniques $CH^3O.CS.Cl$ (éb. 107°-108°) et $C^2H^5O.CS.Cl$ (éb. 127°-128°); ils fument et luisent fortement. Il en est de même du composé $CH^3O.CS.CH^3$ (éb. 87°-89°) obtenu avec CH^3MgI et $CH^3O.CS.Cl$.

Par contre un grand nombre de composés possédant des groupements différents, ou de l'hydrogène sur l'azote lié au carbone (comme dans $CH^3O.CS.NH^2$), ou même possédant les groupements isomériques $O:C\begin{cases}O-\\S-\end{cases}$, $C\begin{cases}O-\\S-\end{cases}$, ne sont pas phosphorescents.

Fait remarquable, le chlorosulfure de carbone $CSCl^2$ est oxydable avec une forte émission de lumière. Ces nuages opaques qu'il forme instantanément à l'air et que l'on a toujours considérés comme résultant de sa décomposition par la vapeur d'eau (malgré que l'eau ne le décompose que lentement) sont des produits de *combustion spontanée:* ils sentent l'oxychlorure de carbone et contiennent beaucoup d'acide sulfurique.

Toutes ces observations seront détaillées ailleurs; à leur propos, je dois signaler qu'un élève de M. O. Billeter, M. H. Berthoud, a étudié en 1905 l'autoxydation des éthers sulfocarbamiques bisubstitués. Ce travail a fait l'objet d'une thèse, mais n'a pas été publié dans les périodiques; j'en ai eu connaissance par une lettre de M. O. Billeter en date du 3 juin 1910. MM. O. Billeter et H. Berthoud n'ont pas vu les phosphorescences qui accompagnent ces oxydations; ils ont également signalé des composés contenant S — C et non spontanément oxydables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarque sur l'acidité des dérivés de l'éther oxalacétique.* Note de M. **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

L'éther oxalacétique et ses dérivés jouissent de propriétés acides caractéristiques qui peuvent être mises en évidence par un certain nombre de phénomènes chimiques et physico-chimiques [1].

J'ai observé que, dans un grand nombre de cas, cette acidité est suffisante pour permettre un titrage de ces éthers en présence de *phénolphtaléine*, le titrage en présence d'*hélianthine* ne donnant, au contraire, aucun résultat. On peut baser sur cette observation, qui constitue une confirmation de la formule énolique attribuée aux dérivés oxalacétiques [2], une véritable méthode de détermination de poids moléculaires ou tout au moins

(1) Drude, *Berichte*, t. XXX, p. 952; Bruhl, *J. pr.*, 2e série, t. L, p. 140.
(2) Drude et Bruhl, *loc. cit.*; comp. Perkin, *Journ. chem. Soc.*, t. LXI, p. 1808.

un procédé de recherche du nombre des atomes d'hydrogène acides dans ces composés.

Le titrage s'effectue très facilement en milieu alcoolique ou acétonique dilué, neutre; le titrage en retour présentant, dans certains cas où l'énolisation semble progressive, de grands avantages sur le titrage direct. Enfin, il est évidemment nécessaire d'opérer à basse température de façon à éviter toute saponification.

Dans le cas de dérivés oxalacétiques renfermant à côté de fonctions énoliques une ou plusieurs fonctions acides vraies, deux titrages successifs, l'un en présence de phénolphtaléine, l'autre en présence d'hélianthine, permettent de se rendre compte du nombre et de la nature des atomes d'hydrogène acides contenus dans la molécule.

Mes essais ont porté successivement sur les éthers oxalacétique, méthylènebisoxalacétique, éthylidènebisoxalacétique, propylidènebisoxalacétique, œnanthylidènebisoxalacétique, oxalsuccinique, méthyloxalsuccinique, α-oxalglutarique, cyclopentanedione-2.3-dicarbonique-1.4, α-monoxaltricarballylique, cyclopentanedione-2.3-tricarbonique-1.4.5 et sur l'éther acide cyclopentanedione-2.3-dicarbonique-1.5.

J'ai réuni dans le Tableau suivant les résultats obtenus en les rapportant aux poids moléculaires des différents éthers étudiés :

A. — *Éthers renfermant un atome d'hydrogène acide.*

	Poids moléculaire.	
	Calculé.	Trouvé.
Éther oxalacétique	188	183, 184
» oxalsuccinique	274	268
» méthyloxalsuccinique	288	183, 180, 176
» α-oxalglutarique	288	283
» α-oxaltricarballylique	360	264, 269

B. — *Éthers renfermant deux atomes d'hydrogène acides.*

Éther méthylénebisoxalacétique anhydre	388	393
» » hydraté	406	400
» éthylidènebisoxalacétique hydraté	420	424
» propylidènebisoxalacétique hydraté	434	428
» œnanthylidènebisoxalacétique hydraté	477	475
» cyclopentanedione-2.3-dicarbonique-1.4	242	238, 250
» cyclopentanedione-2.3-tricarbonique-1.4.5	314	310
» cyclopentanedione-2.3-dicarbonique-1.5	214 (*phénolpht.*) (2 fonct. ac.)	204, 212
	214 (*hélianth.*) (1 fonct. ac.)	212

De tous ces composés, l'éther méthyloxalsuccinique et l'éther monoxaltricarballylique, qui peuvent être tous deux considérés comme des dérivés de l'éther oxalsuccinique, ont, seuls, donné des résultats anormaux et, quelles que soient les conditions dans lesquelles je me sois placé, se sont toujours montrés plus acides que leur constitution, rigoureusement établie d'autre part, ne permet de le concevoir.

J'ai l'intention de poursuivre mes recherches sur ces dérivés et plus généralement sur tous les composés renfermant le complexe

$$-CO-CH(R)-CO-CO,$$

en me plaçant au double point de vue chimique et physico-chimique.

BOTANIQUE. — *Sur les excrétions des racines.* Note de MM. **Brocq-Rousseu** et **Edmond Gain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Il n'a jamais été démontré rigoureusement que les racines étaient capables d'excrétions physiologiques. L'expérience classique de l'influence des racines au contact d'une plaque de marbre est sans valeur à ce point de vue.

Nos expériences ont porté sur des fèves et des marrons d'Inde. Nous avons recherché hors de la racine la présence de la peroxydiastase que nous savons exister en grande quantité dans les graines venant de germer. La présence de cette diastase a été mise en évidence par la méthode classique : gaïac + H^2O^2 ou gaïacol + H^2O^2. Toutes les précautions de stérilisation des vases et des objets ont été prises pour éviter les causes d'erreur.

Nous avons abandonné la méthode des cultures pures parce qu'elle présente une cause d'erreur inévitable provenant de la condensation de la vapeur d'eau dans les tubes de culture nécessairement bouchés, cette eau se trouvant momentanément au contact d'autres organes que la racine.

Nous avons répété l'expérience de Raciborsky qui avait constaté que le liquide qui baigne des graines en germination contient de la peroxydiastase. Puisque toutes les parties de la graine contiennent de la diastase et baignent dans le liquide, cela ne prouve pas que les racines excrètent.

1. Des fèves en germination dont la racine a 3^{cm} à 6^{cm} de longueur sont lavées dans de l'eau renouvelée. Ces lavages enlèvent toute trace de peroxydiastase adhérente à la racine. Lorsqu'on s'est assuré du fait, on suspend une fève au-dessus d'un petit tube de verre renfermant environ 3^{cm^3} d'eau. On y fait plonger la racine en veillant à ce que le bord du tube ne touche pas les cotylédons. Après 6 à 12 heures, suivant les variations individuelles, on peut constater, par une réaction colorée, que de la peroxydiastase est sortie de la racine.

Y a-t-il eu excrétion? On peut admettre que les résultats obtenus sont dus soit à une exfoliation de la coiffe entraînant de la diastase dans le liquide, soit à des blessures de la racine ou des poils radicaux, soit à un simple phénomène osmotique.

II. La fève mise en expérience est trempée jusqu'aux poils radicaux dans de la paraffine très molle. La coiffe se trouve ainsi enrobée sans qu'aucun débris organique puisse s'échapper. Le phénomène de sortie de la peroxydiastase se produit comme dans l'expérience précédente. L'exfoliation de la coiffe, entraînant mécaniquement de la diastase dans le liquide, n'intervient donc pas dans ce phénomène.

III. *a*. On prend une fève prête pour l'expérience et l'on plonge la racine dans l'eau. Au bout de 10 minutes, comme on pouvait s'y attendre, le liquide n'indique pas la présence de la diastase recherchée.

b. La même fève est plongée dans un tube contenant 3^{cm^3} d'eau salée à 0,5 pour 100. Au bout de 2 à 5 minutes, la diastase existe dans l'eau salée.

c. La même fève, sortie de l'eau salée, est lavée dans de l'eau pour entraîner les restes de sel et de diastase adhérents; on la replonge dans un tube contenant de l'eau; au bout de 10 minutes, comme en *a*, on ne constate pas la présence de diastase.

d. On remet la même plante dans un tube d'eau salée et l'on obtient à nouveau la réaction, comme en *b*, en quelques minutes. Cette expérience montre bien qu'il n'y a aucune blessure. S'il en existait une, la diastase s'écoulerait dans l'eau après la sortie de la racine de l'eau salée. Elle montre aussi qu'il s'agit bien d'un phénomène osmotique physiologique.

IV. Cet échange existe dans la région des poils absorbants. En effet, on peut enrober dans la paraffine la partie inférieure et la partie supérieure de la racine en laissant seulement à nu une partie des poils absorbants. Le phénomène osmotique se produit.

Avec le marron d'Inde, l'osmose de la diastase dans l'eau ordinaire peut se produire déjà au bout de 3 heures.

Conclusion. — 1° Par les poils absorbants de leurs racines, et pendant la première période de leur existence, les plantes rejettent de la peroxydiastase dans le milieu extérieur.

2° L'hypothèse générale de l'excrétion osmotique par les poils absorbants des racines est vérifiée expérimentalement.

BOTANIQUE. — *Sur la structure des branches courtes et âgées de quelques arbres.* Note de M. **Jean Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Certains arbres portent trois catégories de branches : 1° des *branches longues* à pousses annuelles allongées séparées par des traces gemmaires

assez éloignées; 2° des *branches courtes* à pousses annuelles réduites séparées par des traces gemmaires rapprochées et plus ou moins distinctes; 3° des *branches mixtes* formées par une succession irrégulière de pousses longues et de pousses courtes.

Je me suis proposé d'étudier et de comparer la structure que présentent ces diverses branches au même âge chez un certain nombre d'arbres (Hêtre, Charme, Bouleau, Sorbier, Châtaignier, Erable, Frêne, Ginkgo, etc.).

Deux types généraux peuvent être distingués : celui du Hêtre et celui du Ginkgo.

1° *Type du Hêtre.* — Dans les branches longues du Hêtre le diamètre augmente rapidement avec l'âge; les branches courtes ont une forme presque cylindrique et la différence de diamètre entre la base et le sommet est très faible. Les pousses annuelles de cette dernière sont considérablement réduites par rapport à celles de la branche longue; les traces gemmaires, qui disparaissent rapidement dans la branche longue, sont visibles plus longtemps dans la branche courte mais finissent par disparaître au bout d'un temps plus ou moins long.

On peut envisager les tissus au point de vue de leur structure et au point de vue de la surface qu'ils occupent dans la coupe transversale. Dans la branche courte, le liège est formé de cellules légèrement plus grandes et occupe relativement plus d'espace; le phelloderme et l'écorce sont formés d'un plus grand nombre d'assises de cellules plus petites; leur surface est relativement plus grande dans la branche courte; le liber et le tissu médullaire sont formés d'éléments semblables dans les deux branches; leur importance est relativement plus grande dans la branche courte. Les différences qui existent entre les tissus précédents sont moins importantes que celles qui existent entre les tissus ligneux : dans la branche longue les couches ligneuses annuelles concentriques diminuent lentement d'épaisseur quand la branche vieillit; elles sont longtemps visibles et permettent d'en déterminer l'âge. Dans la branche courte elles diminuent très rapidement d'épaisseur et, au bout de la septième ou de la huitième année environ, la distinction entre le bois de printemps et le bois d'automne n'est plus possible, par suite de la disposition irrégulière et confuse des vaisseaux et des fibres. A partir de ce moment il est impossible de déterminer son âge.

Dans les branches mixtes, les tissus peuvent être semblables à ceux de la branche longue ou à ceux de la branche courte, ou présenter une structure intermédiaire; les rapports qui existent entre leurs tissus ont une valeur comprise entre celles des mêmes rapports dans les deux autres branches. Quand l'âge de la branche mixte augmente, la netteté des couches ligneuses annuelles diminue, mais moins rapidement que dans la branche courte; il arrive aussi un moment où il est impossible de fixer exactement son âge.

Les autres arbres que j'ai étudiés présentent des branches analogues à

celles du Hêtre. Il y a entre elles des différences analogues à celles que je viens de signaler pour celui-ci, mais ces différences sont plus ou moins accentuées, suivant l'espèce considérée.

2° *Type du Ginkgo.* -- Dans le *Ginkgo biloba*, il existe également des branches longues, des branches courtes et des branches mixtes. Les branches longues sont amincies à l'extrémité terminale. Les branches courtes ont, au contraire, un diamètre plus faible à la base qu'au sommet. L'augmentation du diamètre au sommet est due au développement des tissus cortical et médullaire. Ceux-ci occupent une grande surface au détriment du bois qui est peu développé et ne présente pas de couches annuelles distinctes. Les cicatrices gemmaires de la branche courte se confondent avec les cicatrices foliaires et il est impossible, par suite, de compter le nombre des pousses annuelles. Il n'y a donc aucun moyen morphologique pour la détermination de l'âge des branches courtes de cet ordre. J'ai constaté qu'il en est de même dans les branches mixtes, ce qu'on pouvait prévoir d'après ce qui précède.

De cette brève étude sur les arbres qui possèdent des branches longues, des branches courtes et des branches mixtes, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La branche courte se distingue de la branche longue par la réduction du bois et la disparition de ses couches annuelles, par la diminution du nombre des rayons médullaires et par l'augmentation des parenchymes et du tissu libérien;

2° La branche mixte présente les mêmes caractères que la branche courte, mais ses différences avec la branche longue sont moins accentuées;

3° Quand l'arbre a acquis sa taille maxima, il ne produit plus que des branches courtes et des branches mixtes. Il résulte de là que les productions ligneuses annuelles ne présentent plus de limites nettes à partir de ce moment. Si l'on considère alors que par pincements, greffes ou alternances climatologiques on peut obtenir dans la production annuelle plusieurs couches ligneuses; que certains végétaux ne possèdent pas de couches annuelles bien distinctes; que, dans les plantes où ces couches sont considérées comme nettes, elles n'existent que pendant une durée limitée, on peut conclure qu'il est impossible de déduire d'une façon absolue l'âge d'une plante d'après le nombre de ses couches ligneuses apparentes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation d'acroléine dans la maladie de l'amertume des vins.* Note de M. E. **Voisenet**, présentée par M. Armand Gautier.

De tous les corps de la Chimie organique, les aldéhydes sont ceux qui possèdent le plus de réactions en raison de leurs affinités énergiques. Les réactifs ordinairement employés pour les reconnaître sont souvent communs à toutes ces substances : tels le nitrate d'argent ammoniacal, le bisulfite de rosaniline. Mais il existe aussi des réactifs spéciaux permettant d'identifier, quelquefois avec une extrême sensibilité, une aldéhyde déterminée. C'est ainsi que dans une étude antérieure ([1]), spécialement appliquée à la formaldéhyde, j'ai fait connaître le mélange *albumine-acide chlorhydrique nitreux*, comme un réactif de coloration pour la majorité des aldéhydes, en indiquant qu'il fournit avec l'acroléine une coloration bleu verdâtre.

Dans une précédente Note ([2]) j'ai donné la composition de ce réactif.

Dans le cas de l'acroléine, la teinte est verte pour les solutions relativement riches ($\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$), bleu verdâtre pour les teneurs plus faibles, mais toujours avec coloration verte dans les premiers instants; la sensibilité atteint le millionième, mais alors la coloration n'est visible qu'au bout d'une demi-heure, et seulement dans l'axe du tube. Aucune autre, parmi les nombreuses aldéhydes soumises à cet essai, ne m'a donné cette réaction.

Dans une étude sur les principes aldéhydiques des vins à l'aide du réactif protéique-acide sur les premiers fractionnements de distillation, j'ai été conduit à soumettre à cet essai un vin très amer; j'obtins ainsi dès le début une coloration bleu verdâtre, semblable à celle que donnent les solutions d'acroléine, tandis que les vins sans amertume, jeunes ou vieux, n'avaient toujours donné qu'une coloration plus ou moins jaune due à l'éthanal.

Mode opératoire. — On acidule 100^{cm^3} de vin de dix gouttes d'acide sulfurique pur, pour libérer les aldéhydes combinées, et l'on introduit le liquide dans un ballon de 150^{cm^3} muni d'un tube de 30^{cm} entouré d'un refrigérant; la distillation doit être très lente; on reçoit le distillatum, dans une éprouvette graduée, par fractionnements de 5^{cm^3} à chacun desquels on applique la réaction précédente.

Il restait à confirmer par d'autres preuves l'existence ainsi soupçonnée de

([1]) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 1198.

([2]) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 879.

l'aldéhyde acrylique dans les vins amers. Après avoir concentré sous un petit volume de distillatum les éléments les plus volatils du vin dont l'acroléine doit faire partie en raison de son point d'ébullition peu élevé, 52°, 5, j'ai procédé aux essais suivants :

Examen organoleptique. — Le liquide tiédi émet des vapeurs irritant vivement les muqueuses nasale et lacrymale.

Réactions colorées avec les phénols. — D'après MM. Barbet et Jandrier (1), et M. Istrati (2), tous les phénols donnent des réactions colorées avec les aldéhydes en présence d'acide sulfurique pur; certaines sont considérées comme spécifiques de l'acroléine : en particulier, celles fournies par le pyrogallol, la résorcine, le phénol et la codéine.

Pour exécuter ces réactions, on introduit dans un tube à essai une pincée du composé phénolique ou $\frac{1}{5}$ de centimètre cube d'une solution alcoolique du réactif saturée à la température ordinaire (une seule goutte pour la codéine), puis 2^{cm^3} d'une solution alcoolique de l'aldéhyde; après dissolution on fait pénétrer au fond du tube 1^{cm^3} d'acide sulfurique pur; on observe la coloration qui se produit au plan de séparation des deux liquides.

En appliquant ces essais au distillatum du vin amer, j'ai obtenu avec le pyrogallol un anneau orangé rouge avec superposition d'un anneau violet lie de vin ; avec la résorcine un anneau rouge orangé surmonté d'un bel anneau bleu de lin, séparés par une zone incolore ; ces deux réactions sont identiques à celle que donne une solution d'acroléine au millième; le phénol m'a donné après dilution de la liqueur au demi, une belle coloration héliotrope, comme avec une solution d'acroléine dont le titre ne dépasse pas $\frac{1}{1000}$; enfin j'ai obtenu avec la codéine une coloration verte.

Action sur le permanganate de potasse. — Les aldéhydes décolorent facilement le permanganate de potasse; l'acroléine, particulièrement instable, réduit avidement ce réactif et cette activité est environ 3000 fois plus forte que celle de l'éthanal. En versant dans une prise d'essai du distillatum précédent une solution de permanganate à $0^g,2$ par litre, j'ai pu décolorer instantanément un volume considérable de ce réactif.

Pour éviter l'action toujours nuisible des aldéhydes du vin, et estimant que l'acroléine ne pouvait provenir que de la glycérine de ce liquide, j'ai cultivé le bacille de l'amertume dans la solution suivante additionnée de glycérine pure à 10 pour 1000, à une température moyenne de 20° : sulfate d'ammoniaque, $4^g,70$; phosphate de potasse, $0^g,75$; sulfate de magnésie, $0^g,10$; peptone Byla, 10^g; eau, 1000^g. Au bout de 3 semaines, le liquide soumis à la distillation donne un premier fractionnement très irritant pour le nez et les yeux. En opérant sur 5^l de culture, j'ai obtenu par rectifications successives un fractionnement de 100^{cm^3}, satisfaisant aux réactions précé-

(1) *Congrès de Chimie appliquée*, t. I, 1896, p. 472.

(2) *Bulletin de la Société des Sciences de Bucarest*, n° 2, 1898, p. 163.

dentes, fournissant en particulier la coloration verte avec le réactif protéique acide. Ce liquide réduit immédiatement à chaud le nitrate d'argent ammoniacal et recolore instantanément à froid le bisulfite de rosaniline.

Expérimentation physiologique. — L'acroléine est très vénéneuse : à dose égale, son pouvoir toxique est bien plus élevé que celui du furfurol. A ce sujet, j'ai effectué à quelques jours d'intervalle les deux essais suivants sur un lapin du poids de $2^{kg},300$.

Premier essai. — Injection directe dans le sang de 10^{cm^3} d'alcool à 30° résultant de la distillation d'un vin sain d'amertume : le lapin ne meurt pas.

Deuxième essai. — Injection de 10^{cm^3} d'alcool à 38° provenant de la rectification d'un vin semblable au précédent comme origine et âge, mais très amer : le lapin est foudroyé.

La concordance de ces faits révèle donc très nettement l'existence de l'acroléine dans les vins amers. Par addition d'une quantité connue de ce corps à un vin sain, suivie d'une distillation d'après le mode opératoire précédent, j'ai pu doser comparativement et par colorimétrie, à l'aide du réactif protéique acide, les quantités de cette aldéhyde dans les trois vins amers suivants, dont le premier a servi aux essais qui précèdent :

	Acroléine par litre.
	g
Vin de Béru (Yonne). Récolte 1893. Maladie presque terminée. Vin amer comme du quinquina	0,15
Vin de Nuits-Saint-Georges. Récolte 1904. Maladie en cours. Très amer	0,10
Vin de Savigny-les-Beaune. Récolte 1906. Maladie en cours. Nettement amer	0,04

Cette formation d'acroléine dans les vins amers confirme la préférence marquée des ferments de l'amertume pour la glycérine : il est superflu d'ajouter que des cultures comparatives additionnées de tartre, glucose, lévulose, mannite, ne m'ont donné aucune trace de cette aldéhyde.

Ce mode de production met à jour une nouvelle origine de l'acroléine dans les alcools et montre combien il est fâcheux de produire de l'alcool de consommation avec des vins amers.

Il reste à savoir par quel mécanisme biochimique s'effectue cette dégradation de la glycérine en acroléine : c'est ce que j'espère pouvoir expliquer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le fibrine-ferment.* Note de M. C. Gessard, présentée par M. E. Roux.

L'étude que j'ai faite antérieurement de la catalase du sang [1] m'a conduit à entreprendre des recherches parallèles sur le fibrine-ferment. Le rapprochement s'impose. Alexander Schmidt l'a fait déjà, au regard d'un élément du sang que je vise à mon tour, sinon entre les deux principes, dont il venait de découvrir l'un et dont l'autre était encore inconnu, du moins entre les actions coagulante et catalytique, qui sont désormais respectivement attribuées à l'une et l'autre diastases. J'ai comparé la catalase et le fibrine-ferment au point de vue de leur faculté d'adhésion aux principes solides nés dans le liquide sanguin de ses constituants ou de réactifs chimiques y introduits, et au point de vue de leur adaptation au procédé de préparation que j'ai proposé à l'occasion de mes recherches sur la catalase [2].

Le fibrine-ferment n'est pas adhérent à l'hémoglobine cristallisée; par suite, la solution de cette dernière est dépourvue de pouvoir coagulant. Al. Schmidt l'a bien vu, mais il fait marcher de pair à cet égard le pouvoir coagulant et le pouvoir catalytique, les donnant tous deux comme absents au même titre de l'hémoglobine cristallisée, même de premier jet [3]. Avec l'hémoglobine cristallisée préparée par le procédé de MM. A. Vila et M. Piettre [4], je constate bien, en effet, l'absence de fibrine-ferment dès la première cristallisation. Plusieurs recristallisations sont, au contraire, nécessaires pour supprimer toute trace de catalase. Quant à la fibrine du sang, le fibrine-ferment y adhère aussi bien que la catalase. De cette notion découle la pratique déjà ancienne de dissoudre la fibrine pour obtenir une liqueur coagulant le fibrinogène. Mais, à cet effet, il importe, par les raisons que je donnerai dans un autre travail, d'employer la fibrine de battage. C'est aussi bien cette fibrine que j'ai mise à contribution pour obtenir une solution de fibrine-ferment, comme j'avais fait déjà pour la solution de catalase, afin d'expérimenter l'adhésion de la diastase au phosphate de chaux et son passage du phosphate dans le sérum.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1467.
(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXVI, 1909, p. 913.
(3) *Pflügers Archiv*, t. VI, 1872, p. 519-527.
(4) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 505.

Pour cela, 10g de fibrine de battage lavée jusqu'à parfaite blancheur ont été dissous à la faveur de 10g de chlorure de sodium dans 1l d'eau distillée. La solution filtrée a été traitée par 20cm³ d'une solution au dixième de chlorure de calcium, puis par 30cm³ de phosphate disodique au dixième, ajoutés goutte à goutte et en agitant continuellement.

Le précipité de phosphate de chaux a été lavé à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne coagulât plus en liqueur fibrinogène. Ce précipité est alors soumis aux traitements successifs, à mêmes doses et de même durée, 30cm³ pendant 3 jours, d'eau physiologique à 9,2 pour 1000 et de sérum de cheval (préalablement chauffé 1 heure à 60°). Les produits de macération, essayés en milieu fibrinogène, se montrent inactifs dans le premier cas, coagulants dans le cas du sérum.

Le sérum a donc repris le fibrine-ferment, comme il fait de la catalase, au précipité de phosphate de chaux où la diastase a été entraînée, et, à l'égard de ce mode d'extraction, le fibrine-ferment ne se distingue pas des autres diastases que j'ai expérimentées.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Analyse biologique du phénomène de la génération chez* Lineus ruber (*Müll.*) *et* Lineus lacteus (*Rathke*). Note de M. **Mieczyslaw Oxner**, présentée par M. Yves Delage.

Nous avons déjà eu l'occasion [1] d'exposer, entre autres faits, un cas spécialement important au point de vue théorique concernant la régénération chez *L. ruber*.

« En faisant une coupe transversale *entre les organes cérébraux et l'intestin stomacal*, on voit qu'abstraction faite des accidents d'expériences, toutes les têtes régénèrent parfaitement leurs parties postérieures avec *tous les organes*.... »

Un peu plus tard nous avons publié [2] l'examen histologique assez détaillé de ce cas spécial, où, après l'ablation complète de l'intestin, celui-ci se régénère d'un organe (rhynchocœlome) et de tissus de provenance ontogénétique toute différente. Tout récemment Davydov [3], en passant sous silence nos expériences (relatées ci-dessus), prétend avoir découvert *à son grand étonnement* (*loc. cit.*, p. 649) le fait en question chez les Némertes (*L. lacteus*).

---

(1) M. Oxner, *Sur deux modes différents de régénération chez* Lineus ruber (*Müll.*) (*Comptes rendus*, mai 1909).

(2) Nusbaum und Oxner, *Beiträge zur Kenntniss der Regenerationserscheinungen bei den Nemertinen* (*Bull. Ac. Sc. Cracovie*, janvier 1910).

(3) C.-N. Davydov, *Restitution chez les Némertes et la question de la* « prospective Potenz » *des feuillets* [*Bull. Ac. imp. Sc. de Saint-Pétersbourg*, mai 1910 (en russe)].

Puisque notre expérience se trouve ainsi confirmée par Davydov, je passe de suite à la description et à l'analyse d'autres phénomènes de régénération chez *L. lacteus* et qui n'ont pas été étudiés par Davydov.

I. Lorsqu'on découpe transversalement un fragment du corps d'un *L. lacteus* un peu en avant de la bouche (côté antérieur) et un peu avant la fin de l'intestin stomacal (côté postérieur), on voit qu'au bout de 25 à 30 jours l'intestin moyen s'est reformé complètement et à nouveau ; mais ni le cerveau, ni les organes cérébraux, ni la trompe n'ont été régénérés même après 5 mois.

II. En procédant de la même façon qu'au n° I, mais avec cette seule différence qu'on enlève *en plus* à l'intestin stomacal son orifice buccal, on obtient *les mêmes résultats* que ceux indiqués au n° I, mais toutefois la bouche ne se régénère pas et l'intestin stomacal se ferme du côté antérieur en cul-de-sac.

Des faits identiques à ceux des cas I et II se produisent chez *L. ruber* (¹) de la *forme* A [voir note (¹) de la page 1618].

III. En faisant deux coupes transversales, une immédiatement en arrière des organes cérébraux, l'autre immédiatement en avant du sommet de l'intestin stomacal, on obtient un fragment de corps de *L. lacteus* qui ne contient aucun organe du système nerveux central, ni *aucune trace du tube digestif*. Ce que contient ce fragment, c'est quelques bribes de néphridies et un morceau de rhynchocœlome sans trompe, le tout entouré de tissu parenchymateux et de couches musculaires du corps.

Ce fragment de 2^{mm}-3^{mm} de long *régénère* cependant *le tube digestif tout entier :* bouche, intestin stomacal, intestin moyen et anus. Le cerveau, les organes cérébraux et la trompe ne se régénèrent pas.

Je m'abstiens de citer, dans cette courte Note, quelques autres cas de régénération chez *L. lacteus*.

L'analyse des cas que je viens d'exposer montre :

A. Le mode de régénération du tube digestif (cas de *L. ruber* et de *L. lacteus* et le cas cité au n° III) parle très nettement contre la théorie des feuillets.

B. Les expériences n^{os} I, II et III démontrent que la régénération d'organes très importants (intestin moyen, tube digestif tout entier) peut se produire malgré l'absence complète du cerveau.

C. Les expériences n^{os} I, II et III nous font constater que la régénération peut avoir lieu seulement sur les surfaces aborales du corps de *L. ruber* (forme A) et *L. lacteus*.

D. L'expérience n° III démontre une polarité très nette dans le corps de

(¹) Oxner, *Études sur la régénération chez les Némertes : I. La régénération chez* L. ruber (*Annales de l'Inst. océan. de Monaco*, t. I, fasc. 8).

L. lacteus, car le tube digestif se régénère toujours à l'extrémité postérieure (aborale) du fragment.

E. La théorie de la régénération de Weismann, basée sur les principes de la sélection, de l'adaptation et de l'exposition aux mutilations dans la nature, est infirmée par les expériences n^os^ I, II et III, car : 1° les individus normaux de *L. lacteus* et *L. ruber* pondent et se reproduisent très bien en captivité ; 2° les fragments des mêmes animaux remplis de produits génitaux ne pondent pas même au bout de 7 mois, et ces produits génitaux succombent après 2-3 mois à la dégénérescence granulaire ; 3° les fragments cités aux n^os^ I, II et III ne peuvent pas élaborer des produits génitaux dans leur intérieur, même après 7 mois ; 4° le fragment privé de la bouche (n° II) succombe aux phénomènes de réduction peu de temps *après* avoir régénéré l'intestin moyen.

F. La théorie de Child, d'après laquelle le phénomène de la régénération n'est que le résultat d'une série d'adaptations fonctionnelles (physiologiques) successives, doit être rejetée ici pour les raisons suivantes : 1° *L. lacteus*, privé de la bouche (n° II), régénère quand même l'intestin moyen, sans que celui-ci puisse entrer en fonction ; 2° *L. ruber* et *L. lacteus* dont le tube digestif (n° III) est enlevé en entier, commencent à le régénérer, avant qu'il puisse entrer en fonction, car la bouche et l'anus se forment beaucoup plus tard. Il est clair que la fonction de l'organe ne peut pas déclencher sa régénération, puisque celle-ci commence avant celle-là.

G. L'examen histologique [1] démontre enfin que les différentes formes de la régénération (régénération typique, morphollaxis, dédifférenciation, diphagocytose, etc.) s'enchaînent tellement chez *L. ruber* et *L. lacteus*, qu'il est impossible de les séparer nettement et de préciser leurs limites chronologiquement et localement.

ANTHROPOLOGIE. — *Découverte d'une grotte sépulcrale, probablement néolithique, à Montouliers (Hérault).* Note de MM. **Lucien Mayet** et **Laurent Maurette**.

En février 1910, les travaux d'avancement d'une carrière ouverte à Montouliers (Hérault, à la limite du département de l'Aude) mirent à découvert une excavation partiellement remplie de limon argileux et d'ossements

[1] Travail sous presse, en collaboration avec le professeur Nusbaum.

humains. Quelques-uns de ceux-ci furent dispersés par les ouvriers, mais, très rapidement, M. Mondier, maire de Montouliers, averti, prit un arrêté assurant la conservation du gisement. En même temps, il prévenait M. le professeur Depéret, de l'Université de Lyon, et peu de temps après nous nous rendions à Montouliers.

La carrière de Montouliers est située au lieu dit *Fendeille*, à mi-chemin de Bize (Aude), sur l'emplacement d'un ravin escarpé creusé dans les calcaires de Rognac. C'est sur la pente regardant le Sud-Ouest que primitivement s'ouvrait la grotte utilisée comme ossuaire.

Nous l'avons fouillée méthodiquement.

Elle comprenait une partie antérieure, sorte de couloir étroit et incliné, communiquant avec l'extérieur soit par une ouverture sur la paroi du ravin (aujourd'hui détruite par l'exploitation), soit plutôt par une courte cheminée verticale dont nous avons pu vérifier l'existence parce que partiellement conservée et qui se trouvait fermée en haut, nous ont dit les ouvriers, par un gros bloc de rocher, et une partie postérieure, sorte de chambre souterraine, à surface irrégulièrement ovale, avec voûte en forme de dôme, élevée de $1^{m},70$ au-dessus du sol. Les parois de cette excavation étaient sillonnées d'étroites fissures par lesquelles l'eau pénétrait au moment des pluies.

La longueur totale de la grotte était de $5^{m},60$; sa plus grande hauteur (de la partie la plus déclive au sommet de la cheminée d'accès) de $3^{m},85$.

Les ossements avaient certainement été déposés dans la véritable chambre sépulcrale naturelle formée par le fond de la grotte, mais les eaux d'infiltration les avaient peu à peu entraînés dans le couloir d'accès en même temps qu'elles apportaient un limon argileux, fin, rougeâtre qui englobait les ossements, formant avec eux un magma compact qui obstruait la partie antérieure de la grotte. Les ossements étaient donc épars dans la masse argileuse, presque tous brisés, mais dans un état de conservation suffisant pour permettre de les dégager, non sans difficultés.

Si nous en jugeons par le nombre des crânes et des mandibules, celui des corps représentés dans la grotte sépulcrale de Montouliers devait dépasser le chiffre de trente, comprenant des adultes des deux sexes, des vieillards, des adolescents, des enfants. Nous avons recueilli par fragments et reconstitué plus ou moins complètement 14 crânes et divers os longs. Dès les premiers instants, nous avons été frappés de ce fait que si la tête osseuse et les os des membres étaient abondamment représentés, les vertèbres, les côtes, les os du bassin, se trouvaient réduits à de rares fragments, ce qui tendrait à confirmer la notion que les ossuaires néolithiques recevaient des ossements et non des cadavres, ceux-ci s'étant décharnés ailleurs.

Nous regardons comme une confirmation de ce qu'il ne s'agissait pas ici d'un lieu de sépulture au vrai sens du mot, mais bien d'un ossuaire,

l'absence complète de tout mobilier, de tout outillage. Le limon retiré en même temps que les ossements a été examiné pelletée par pelletée sans que nous ne puissions rien découvrir autre que quelques minuscules débris de mâchefer, ayant probablement glissé dans la cheminée d'accès. Aucun silex taillé, aucun objet en pierre polie ou en métal. Cette absence de débris d'industrie humaine a été déjà constatée dans plusieurs autres ossuaires néolithiques. Nous devons pourtant signaler quelques galets, en forme de parallélépipèdes, assez volumineux, mêlés aux ossements et certainement apportés intentionnellement, puisqu'ils proviennent de la Cesse, rivière coulant à plusieurs kilomètres de là et à plus de 100^{m} en contre-bas.

La situation du gisement, dans une région où les peuplades préhistoriques étaient nombreuses, l'état des ossements, l'absence de divers éléments du squelette démontrant qu'il s'agit d'une sorte de sépulture au second degré, l'absence de mobilier funéraire, etc. plaident déjà pour un ossuaire néolithique dans une grotte naturelle. De nouveaux arguments sont apportés en faveur de cette opinion par l'étude des ossements recueillis, étude que nous n'avons faite encore que très sommairement et qui sera précisée plus tard.

La plus grande partie des crânes recueillis forme un groupe dolichocéphale assez homogène avec indices craniométriques s'échelonnant de 72,3 à 75,6 (dix crânes); un seul crâne est brachycéphale, avec un indice de 85 et trois autres traduisent le métissage par des indices 76,9, 78,8 et 80,1.

Nous pouvons donc regarder la grotte de Montouliers comme utilisée au moment où l'élément brachycéphale commençait à s'infiltrer dans les populations dolichocéphales du midi de la France. Cet élément brachycéphale immigré se retrouve dans plusieurs grottes sépulcrales de la Lozère, du Gard, de l'Hérault, etc., et surtout dans les dolmens de l'Aveyron, qui présentent des sépultures plus récentes que les grottes sépulcrales naturelles.

Les dolichocéphales de Montouliers étaient sans doute les descendants des races paléolithiques récentes que l'on commence à bien connaître. Par quelques-uns de leurs caractères, leurs crânes font penser à l'Homme de Chancelade, mais par la plupart d'entre eux ils semblent appartenir à la race de Cro-Magnon.

Il n'est pas à discuter, dans cette courte Note, si les squelettes de ce dernier gisement sont paléolithiques ou bien néolithiques, ni quelle est l'ancienneté de la race qu'ils représentent (grottes de Grimaldi). Nous remarquerons simplement l'étroite parenté que présentent avec eux les

dolichocéphales dont nous avons retrouvé les restes à Montouliers : hauteur de front, développement modéré des arcades sourcilières, faible hauteur et grande largeur des orbites, face large et remarquablement basse, proéminence du menton etc. d'une part; d'autre part un tibia très aplati et dont la platycnémie est très accentuée etc. sont autant de caractères qui frappent dès le premier coup d'œil et qu'une étude plus attentive, des mensurations précises, viennent confirmer et montrer communs aux hommes de Montouliers et à ceux de la race de Cro-Magnon.

La taille de ces néolithiques de l'Hérault apparaît toutefois moins élevée que celle donnée comme habituelle aux représentants de la race de Cro-Magnon et ne dépasse guère $1^{m},65$; elle est notablement supérieure à celle du squelette de Chancelade qui avait à peine $1^{m},50$. Sans atteindre son intensité actuelle, le métissage était fréquent aux temps préhistoriques, aussi conclurons-nous en disant que *les néolithiques de Montouliers étaient les descendants métissés des dolichocéphales paléolithiques avec prédominance du type de Cro-Magnon* et que, parmi eux, commençaient à s'infiltrer les brachycéphales dont l'invasion dans nos régions est un des grands caractères de l'époque néolithique.

MÉDECINE. — *Posologie en radiographie médicale avec ou sans écran renforçateur.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. Bouchard.

On n'emploie ordinairement ni unité, ni formule de pose pour l'exécution des radiographies. Le travail que je présente aujourd'hui a pour objet d'arriver à une posologie précise.

Dans un cliché, il y a des parties claires peu impressionnées et des parties sombres plus impressionnées. Le but à atteindre est d'avoir des détails dans les deux. Or, ce qui fait les détails, c'est l'opposition entre la teinte donnée par un élément silhouettique et l'élément voisin. Supposons, par exemple, que dans un clair du cliché, derrière un os, un rayonnement de 5 unités M donne ici une quantité émergente $Q = 0^{M},079$ et là, une quantité $Q_1 = 0^{M},063$; ce qui fera le contraste entre les deux éléments silhouettiques, c'est la différence des doses $0^{M},063$ et $0^{M},079$. Or le rapport $\frac{0,063}{0,079}$, ou en général $\frac{Q_1}{Q}$, reste le même, si l'on fait varier la dose incidente; mais, suivant la valeur absolue de Q, ce rapport constant sera plus ou moins bien utilisé : si elle est trop faible, l'opposition n'apparaît pas, il y a insuffisance de pose; si elle

est trop forte, l'opposition disparaît, les noirs sont brûlés, il peut même se produire inversion du contraste, phénomène étudié en particulier par Chanoz.

Il s'agit donc de déterminer la dose incidente capable de faire utiliser au mieux (pour une région donnée, un rayonnement donné, et une plaque déterminée) un facteur de contraste $\frac{Q_1}{Q}$ arbitraire et constant, pour avoir une bonne opposition dans les clairs et dans les noirs. Le procédé que je vais décrire, comporte deux manipulations.

I. *Faire une échelle de contrastes sur le cliché.* — J'ai choisi arbitrairement $\frac{Q_1}{Q} = 0,7943$ ou $\sqrt[10]{0,1}$. On fait une échelle avec trente valeurs de Q variant de $0^M,01$ à 10^M, de manière à avoir la série $Q = 10^M$, $Q_1 = 7^M,943$, $Q_2 = 6^M,310$. ..., $Q_{10} = 1^M$, $Q_{11} = 0^M,794$, ..., $Q_{20} = 0^M,10$, $Q_{30} = 0^M,01$. Pour cela, on protège la plaque par des feuilles de plomb à l'exception d'une bande rectangulaire de $9^{cm} \times 3^{cm}$. Le tube est placé à 70^{cm} au-dessus; à cette distance il donne une impression pratiquement uniforme dans toute la bande. Un disque de plomb de 15^{cm} de rayon tourne au-dessus de la bande, et tout près d'elle, ayant l'un de ses rayons parallèle au grand axe de la bande. Ce disque présente 10 anneaux concentriques de 8^{mm} de large. Le plus excentrique est réduit à $74^\circ,05$; le reste est évidé; le deuxième à $132^\circ,84$; le troisième à $179^\circ,57$, etc.; le dixième à 324°. La bande recevra ainsi l'irradiation pendant des temps variables sous chaque anneau. Si l'on prend la précaution de laisser 1^{cm} vide au delà du premier anneau, ce centimètre recevra l'irradation totale, la zone suivante recevra $\frac{360^\circ - 74^\circ,05}{360}$ ou 0,794 de cette irradiation totale, la troisième 0,631, etc.; la onzième 0,100. On fait trois bandes successives avec des doses totales de 10^M, 1^M, $0^M,10$. On prend la silhouette du radiochromomètre de Benoist sur un autre point du cliché, on développe, on fixe.

On regarde alors entre quelles limites les contrastes sont bons dans l'échelle obtenue. Avec les plaques Jougla et pour du n° 8-9, les contrastes sont bons entre $0^M,15$ et 4^M, très bons entre $0^M,30$ et 3^M, passables jusqu'à $0^M,040$ en bas et 10^M en haut. Pour du n° 5-6, ils sont bons entre $0^M,10$ et 3^M environ. Pour du n° 4 entre $0^M,06$ et $1^M\frac{1}{2}$.

II. *Mesurer la fraction de rayonnement transmise par les parties les plus transparentes et les plus opaques de la région radiographiée.* — La deuxième manipulation consiste à déterminer quelle est la fraction de rayonnement transmise par une région, soit dans les clairs, soit dans les noirs. Rien de plus simple à l'aide du procédé fluorométrique : on détermine l'équivalence du tube à vide, puis derrière la région; la règle à calculs qualitométrique de mon dispositif donne immédiatement la fraction transmise. On réduit au besoin la plage étalon du fluoromètre de sa valeur normale $0^M,25$ à $0^M,10$ ou $0^M,025$ en tournant le disque porte-filtres. On trouvera, par exemple, pour un bras de 9^{cm} d'épaisseur, une fraction transmise de 0,15 à 0,17 derrière les parties molles; 0,05 derrière l'humérus (rayons n° 6). Or, pour voir au moins $0^M,30$ de rayonnement émergent dans les parties claires et au plus 3^M dans les

parties sombres, il faut une dose incidente comprise entre $0^M,30 \times \frac{1}{0,05} = 6^M$ et $3^M \times \frac{1}{0,16} = 18^M$. C'est donc entre 6^M et 18^M de dose incidente que nous devons opérer, et le mieux est de se tenir à égale distance du maximum et du minimum vers 10^M à 13^M. On trouverait de même que, pour une région de 15^{cm} d'épaisseur, une dose de 15^M à 20^M est la dose optima; pour un thorax de 20^{cm} : 20^M dans la zone pulmonaire, 25^M dans la zone médiastinale et ainsi de suite.

Conclusion. — On se trouvera toujours dans les conditions de bons contrastes si l'on emploie une dose incidente de n° 6, égale à autant d'unités M qu'il y a de centimètres d'épaisseur. On augmentera un peu la dose pour les régions où le muscle domine (régions de la cuisse, du bras, etc.), ou en général, pour les régions à grande opacité centimétrique moyenne. Il y a longtemps que j'ai formulé cette règle empirique. En voici la raison, on vient de le voir.

J'ai fait les mêmes expériences avec l'écran renforçateur de Gehler et les plaques Jougla. Les zones de bons contrastes sont transposées vers les doses faibles de l'échelle, de telle sorte que, pour du n° 9, elles s'étendent entre un maximum et un minimum trente fois plus faibles que sans écran; pour du n° 7-8, les doses sont vingt fois plus faibles; pour du n° 5-6, quinze fois; pour du n° 4, dix fois. Ces résultats confirment à peu près ceux de Nogier qui, le premier en France, employa ces écrans nouveaux. En résumé, étant donnée la dureté des rayons filtrés par le corps, on peut évaluer à $0^M,03$ ou $0^M,04$ par centimètre d'épaisseur, la quantité incidente optima pour les radiographies faites avec écran renforçateur.

CYTOLOGIE. — *La valeur des anses pachytènes et le mécanisme de la réduction chez* Sabellaria spinulosa *Leuck*. Note [1] de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Dans mes Notes du 9 et du 30 mai dernier, j'ai attiré l'attention sur le fait que la division longitudinale des chromosomes est un phénomène télophasique, et non point, comme on l'a cru jusqu'à ce jour, localisé à la prophase ou à la métaphase.

La dernière télophase goniale, dans l'ovaire comme dans le testicule, confirme cette règle chez *Sabellaria*.

---

[1] Présentée dans la séance du 6 juin 1910.

Lorsqu'ils entrent au dernier repos gonial, les 8 chromosomes subissent la division télophasique, en donnant 16 moitiés longitudinales filamenteuses, nettement individualisées, qui persistent au sein du noyau pendant toute la durée du repos. Lorsque la période quiescente touche à sa fin, on assiste à la reconcentration progressive des moitiés longitudinales qui se réalise ainsi que je l'ai décrit dans la Note du 9 mai. Mais dans le cas présent les filaments restent grêles plus longtemps parce que la substance chromosomique a beaucoup diminué au cours des mitoses goniales successives. Comme pour celles-ci, dans le mouvement de reconcentration, les deux moitiés longitudinales sœurs, encore grêles et moniliformes, se rapprochent l'une de l'autre lentement. Plus le rapprochement s'accentue, et plus les filaments augmentent d'épaisseur. Bientôt, le parallélisme est complet d'un bout à l'autre des moitiés longitudinales sœurs. Une dernière contraction de la substance chromosomique amène chaque couple de moitiés sous la forme d'une anse chromosomique double, épaisse, parcourue dans le sens de la longueur par une mince fente qui représente la division longitudinale télophasique. C'est l'*anse pachytène* des auteurs, et le noyau du cyte de premier ordre en renferme 8, autant qu'il existe de chromosomes somatiques dans cette espèce.

Jusqu'à ce stade, le noyau du premier cyte s'est comporté exactement comme tout noyau somatique où la mitose se prépare. Si celle-ci devait avoir lieu, les anses chromosomiques épaisses se porteraient bientôt dans le plan équatorial où elles seraient dissociées définitivement en leurs moitiés longitudinales. Mais, pour une cause inhibitrice encore inconnue qui relève de la maturation génitale, cette mitose ne s'achève pas. C'est en cela que se manifeste pour la première fois la nature particulière du cyte de premier ordre. A ce point de vue, mes résultats confirment l'idée, exprimée par R. Hertwig, d'une division avortée à la prophase du premier cyte.

N'ayant pas reconnu l'existence de la division longitudinale, dès la dernière télophase goniale, les partisans de la théorie de la conjugaison longitudinale des chromosomes (von Winiwarter, Schreiner, Grégoire, Janssens, Vejdovsky, etc.) ont pris les moitiés longitudinales déjà formées pour des chromosomes somatiques entiers. Comme elles persistent à travers la durée du repos et qu'elles se rapprochent à la prophase du premier cycle, par paires, jusqu'à la formation d'anses épaisses, dites *pachytènes*, ils ont pensé qu'il s'agissait là d'une *copulation parallèle de chromosones homologues*. Et le résultat de cette copulation est la production de $\frac{n}{2}$ anses épaisses aux dépens de n anses grêles ou *leptotènes*. Or : 1° la fente longitudinale ne cesse pas d'être visible dans les anses pachytènes; 2° le nombre des anses pachytènes est rigoureusement égal à celui des chromosomes somatiques. Si la théorie de la copulation était exacte, il faudrait porter le nombre régulier des chromosomes à 16 chez *Sabellaria*, alors que le nombre réduit est 4,

comme je le montrerai plus loin; 3° le rapprochement des moitiés se fait normalement à la prophase somatique, même jusqu'à l'accolement. En effet, dans les mitoses de l'*Ascaris* par exemple, les anses ne semblent se cliver qu'à la métaphase, alors que la division longitudinale véritable a été réalisée à la télophase précédente, et a persisté à travers l'état quiescent du noyau; 4° dans un certain nombre d'ovocytes de premier ordre, j'ai constaté que la contraction habituelle qui conduit à la formation des anses pachytènes ne se produit pas; les deux moitiés longitudinales, parallèles et légèrement rapprochées, demeurent filamenteuses à travers l'évolution de l'ovocyte.

La mitose n'a donc pas lieu et, dès lors, les chromosomes traversent une phase d'attente connue sous le nom de *période d'accroissement*. Dans le spermatocyte, elle est de courte durée. A son issue, les huit anses pachytènes bipartites constituent de véritables diades, qui se groupent par paires pour la formation d'anneaux ayant la valeur de tétrades. Voici comment : dans le champ antipolaire où les branches chromosomiques se terminent librement, les extrémités entaillées des deux anses arrivent au contact et se soudent temporairement. Puis les anses elles-mêmes, dont la courbure siégeait dans le champ polaire du noyau, se rabattent peu à peu dans le même plan, en s'opposant complètement. Quatre anneaux se forment ainsi qui demeurent situés dans quatre plans parallèles, en attendant d'être dissociés à la première mitose. La façon dont celle-ci se produit est très singulière ; elle ramène chaque anneau à ses deux diades constituantes, et son rôle consiste simplement à porter quatre diades à chacun des deux spermatocytes de deuxième ordre. *Elle ne réalise aucune division chromosomique, ni longitudinale, ni transversale.* Mais si l'on considère que toute diade correspond à un chromosome somatique, on doit reconnaître qu'elle a opéré la réduction numérique, puisque, grâce à elle, les deux cellules résultantes ne contiennent plus chacune que quatre diades, soit quatre chromosomes clivés. La seconde mitose succède rapidement à la première. C'est une mitose ordinaire, elle dissocie les diades en leurs deux moitiés et achève ainsi la division longitudinale de la dernière télophase goniale. Chaque spermatide contient quatre moitiés préparées par cette division extrêmement précoce.

Dans l'ovogenèse, l'apparence des phénomènes est bien plus compliquée, à cause de l'accroissement considérable que subit l'ovocyte de premier ordre. Mais on compte aussi autant d'anses pachytènes que de chromosomes somatiques, et chaque anse pachytène constitue une diade qui est dissociée seulement à la seconde mitose.

Conclusions. — La théorie de la conjugaison latérale des chromosomes repose sur une interprétation défectueuse de la véritable division longitudinale dans le noyau des cytes de premier ordre, et sur une numération inexacte des chromosomes chez les espèces étudiées.

Cette division s'opère à la dernière télophase goniale ; elle persiste à travers le repos gonial, puis à travers toute la prophase de la première mitose maturative, même dans les anses pachytènes où les moitiés se rapprochent étroitement, et elle ne s'achève qu'à la métaphase de la seconde mitose. La première mitose ne l'intéresse pas et se réalise comme si elle n'existait pas. En un mot, la division longitudinale, si précoce qu'elle soit, ne prépare que les secondes mitoses de maturation ; elle reste suspendue pendant toute l'évolution du cyte de premier ordre.

Le partage de cette cellule est obtenu grâce à un processus particulier, étranger à la division longitudinale des chromosomes, qui agit de la façon suivante : il détruit l'unité du noyau en le ramenant à deux groupements de $\frac{n}{2}$ chromosomes entiers et fissurés qui représentent des territoires nucléaires différents. Ces deux groupements s'opposent l'un à l'autre et s'éloignent dans les cytes de deuxième ordre qui, au point de vue numérique, au moins, sont symétriques des deux pronuclei de la fécondation.

GÉOLOGIE. — *Sur les dépôts de tourbe littorale de l'ouest de la France.* Note de M. **Jules Welsch**, présentée par M. Michel Lévy.

I. A la Parée, ou plage, de Brétignolles (Vendée), j'ai constaté la présence d'une assise de tourbe couverte à marée haute; cette tourbe repose sur des schistes cristallins qui se continuent de chaque côté de la plage, où ils forment de petites falaises. La tourbe est recouverte par le sable de l'estran qui se prolonge par de petites dunes entourant la plage et portant quelques chalets. Souvent le sable ou les cailloux roulés, apportés par la mer, cachent entièrement la tourbe; celle-ci se continue au Sud, au-dessus du niveau des plus hautes mers; on la voit reposer sur une assise de sables noircis, cailloux roulés et argile. Cette assise de sables et cailloux ne dépasse guère 1 pied d'épaisseur; les cailloux roulés dépendent probablement du terrain de transport des plateaux ; l'argile provient surtout de la décomposition des schistes qui sont au-dessous.

Dans l'anse, la tourbe montre des troncs d'arbres couchés; elle est plus sableuse à sa partie supérieure; l'épaisseur est de 40^{cm} environ. J'ai

trouvé dans cette tourbe des graines fossiles, dont j'ai pu obtenir la détermination, grâce à l'obligeance de M. et Mme Clément Reid. Voici la liste :

Ranunculus aquatilis, *R. sceleratus*, *Nuphar luteum*, *Cakile maritima*, *Vitis vinifera*, *Prunus*, *Rubus fruticosus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Bryonia*?, *Hydrocotyle vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Sambucus nigra*, *Solanum Dulcamara*, *Lycopus europœus*, *Atriplex patula*, *Rumex* sp., *Polygonum Hydropiper*?, *Alisma plantago*, *Iris Pseudacorus*, *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*?, *Ruppia rostellata*, *Zannichellia*, *Sparganium*, *Scirpus Tabernæmontani*, *Carex* (3 espèces), Fougère, etc.

Voici les observations de M. Cl. Reid : « Ce dépôt peut être néolithique; mais les plantes sont insuffisantes pour déterminer l'âge; c'est une flore de marais maritimes, avec des graines de fruits charnus apportés par les oiseaux. Le climat était tempéré. La seule espèce significative pour décider de l'âge est la vigne et je ne suis pas certain de l'époque à laquelle on peut rapporter l'introduction de la vigne. Quoique la vigne soit trouvée dans les habitations lacustres plus au Sud, et apparaît aussi dans le Pliocène de Tegelen (Limbourg), je ne pense pas qu'il y ait aucune autre indication montrant sa présence aussi loin au Nord, dans les dépôts néolithiques. Elle fut introduite par les Romains dans le sud de la Grande-Bretagne et n'est pas trouvée dans les dépôts préromains. »

J'ajoute que *Cakile maritima*, qui vit dans le sable, et *Ruppia rostellata* sont des plantes exclusivement maritimes.

Les débris d'insectes de cette tourbe ont été déterminés par M. Vacher de Lapouge; ce sont *Gyrinus* sp., *Rembidium* sp., *Donacia* sp., un Curculionide, qui sont tous des insectes aquatiques, et *Carabus cancellatus celticus*, qui est ubiquiste.

II. Plus au Nord, j'ai visité le gîte de tourbe de la plage Valentin, au Croisic (Loire-Inférieure); il se présente dans des conditions analogues, reposant sur la granulite. Cette tourbe découvre à marée descendante ; elle renferme beaucoup de sable quartzeux et de paillettes de mica blanc ; on y aurait trouvé des silex moustériens ; la tourbe supporte une couche d'argile gris bleuâtre avant le sable des dunes. Voici les graines déterminées :

Ranunculus aquatilis, *R. Flammula*, *Nuphar luteum*, *Rubus fruticosus*, *Myriophyllum spicatum*, *Sambucus nigra*, *Rumex*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton*, *Scirpus lacustris*, *S. Tabernæmontani*. Il y a aussi des débris d'insectes.

Par ce gisement je me relie à la tourbe de Belle-Isle-en-Mer, étudiée par MM. Gadeceau et Clément Reid.

III. Vers le Sud, j'ai examiné de nombreux affleurements, dans des courses faites pour le Service de la Carte géologique de la France.

Sur la côte des Granges d'Olonne, près la Gachère (Vendée), j'ai étudié

le point signalé autrefois par Rivière ; il repose sur les calcaires jaunes de la partie inférieure du Lias, qui sont eux-mêmes supportés par les schistes cristallins.

M. Reid a pu déterminer :

Ranunculus aquatilis, *Nuphar luteum*, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Lycopus europæus*, *Potamogeton*, *Scirpus Tabernæmontani*, *Scirpus sp.*, *Carex*, etc.

IV. Dans l'île d'Oléron, la tourbe de Domino, plage des Chardonnières, se présente dans les mêmes conditions; elle repose sur les calcaires à Ichthyosarcolites du Cénomanien et supporte les dunes de sable moderne; j'y ai trouvé des Lymnées, qui sont des coquilles lacustres. Les graines sont celles de :

Ranunculus aquatilis, *R. sceleratus*, *Rubus fruticosus*, *Potamogeton* sp., *Potamogeton* sp., *Scirpus Tabernæmontani*, *Cladium mariscus*.

Je n'ai pas eu le loisir de chercher des graines dans le gisement de Plaisance, que j'ai découvert sur la côte Nord-Est d'Oleron.

V. Sur la côte du Médoc, au nord et au sud de Montalivet, on voit affleurer une assise de tourbe, qui repose sur l'argile du Gurp à *Elephas meridionalis;* au-dessus, il y a des sables agglutinés d'anciennes dunes et des sables modernes. L'argile porte des troncs d'arbres encore enracinés. Voici la liste des graines déterminées :

Hypericum Helodes, *Rubus fruticosus*, *Potamogeton* sp., *Juncus* sp., *Cladium mariscus*, *Heleocharis multicaulis*, *Carex* sp. Les espèces sont peu nombreuses, car la masse de cette tourbe n'est pas facile à traiter pour dégager les graines. Il y a aussi des Insectes, *Donacia*, un Curculionide, etc.

Je suis disposé à admettre que la couche de tourbe sur argile se continue tout le long de la côte des Landes de Gascogne, d'après des indications recueillies à Lacanau, au Moulleau d'Arcachon et plus au Sud. Je n'ai pas vu le gisement indiqué par Jacquot à Mouligna, au sud de Biarritz; mais j'ai visité l'affleurement de la falaise de Bidart; il y a là du lignite qui me paraît dépendre de la formation des Sables des Landes. Au sud de Guethary, M. Stiegelmann m'a montré un affleurement de tourbe qui me paraît de la même série que ceux que j'ai envisagés au-dessus.

Conclusions. — 1° Tous les gisements indiqués me paraissent être du même âge. Les plantes, avec la seule exception de la vigne, sont des espèces

communes de la France et d'Angleterre. Il y a absence complète de toute espèce caractéristique de France ou de régions plus au Sud.

2° A première vue, l'étude de ces gisements littoraux paraît fournir une preuve incontestable d'un affaissement général de la côte considérée, affaissement qui serait le dernier grand mouvement du sol de l'ouest de la France; mais cela ne me paraît pas absolument probant.

En effet il se forme actuellement des dépôts marécageux à peu de distance de l'Océan, dans des bas-fonds d'altitude 1 et 2. Si l'érosion était active, la côte reculerait jusqu'à ces points et la marée haute les couvrirait.

On peut dire que cette tourbe a pu se former à un moment où son emplacement était protégé à l'Ouest par des dunes ou un autre abri; c'est une preuve, en tout cas, du recul de la côte par érosion depuis une époque géologiquement récente.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude.* Note de M. **Carl Störmer**.

Comme on le sait, le problème consistant à prendre des photographies réussies de l'aurore boréale présente de grandes difficultés, tant à cause de la faible luminosité de l'aurore, qu'à cause de sa mobilité, qui nécessite une pose de quelques secondes au plus. Aussi n'existe-t-il, autant que je sache, qu'une seule photographie de courte pose (7 secondes) de l'aurore prise par M. Brendel [1] à Bosekop, le 1er février 1892.

L'année dernière, j'ai fait une série d'expériences pour trouver les objectifs et les plaques les meilleurs possibles pour photographier les aurores boréales. J'ai fini par choisir un objectif *cinématographique* de 25mm de diamètre avec une distance focale de 50mm et les plaques *Lumière* à *étiquette violette*.

Grâce à ce choix j'ai réussi à résoudre le problème en question. Pendant une expédition à Bosekop en février et mars de cette année, j'ai pris au total 800 photographies d'aurore, parmi lesquelles la moitié environ étaient réussies. Le temps d'exposition a varié entre une fraction de seconde et une vingtaine de secondes, selon l'intensité et la vivacité de l'aurore.

Une fois ce problème résolu on a tout de suite une méthode excellente pour mesurer l'altitude de l'aurore et sa situation dans l'espace. En effet on n'aura qu'à photographier simultanément l'aurore de deux stations

---

[1] Voir *Meteorologische Zeitschrift*, 1900.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

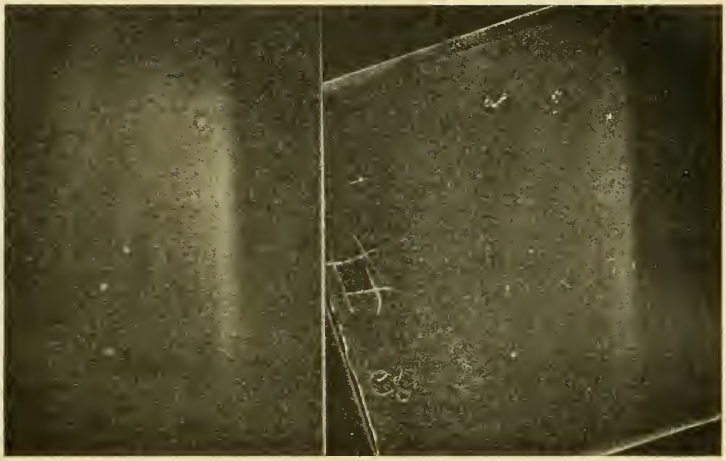
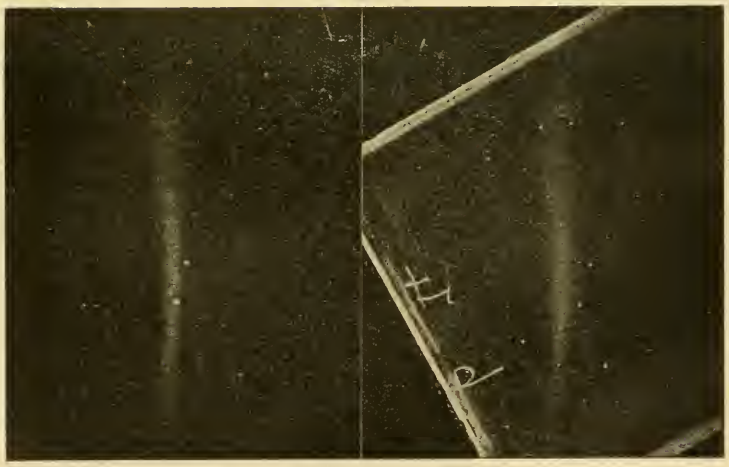


Fig. 4.



reliées par téléphone et à comparer la situation de l'aurore par rapport aux étoiles sur l'une et l'autre plaque; connaissant le temps et les constantes optiques de l'objectif, on aura alors toutes les données nécessaires pour calculer l'altitude de l'aurore et sa situation, et cela avec grande précision.

Les stations que nous avons choisies sont *Altenkirke* (longitude 23°15′,5 à l'Est de Greenwich, latitude 69°57′51″) et *Ovre Altenskole* (longitude 23°16′,4; latitude 69°55′34″) avec distance de $4^{km},3$ entre les deux.

Parmi les 64 photographies réussies prises simultanément de ces stations nous reproduisons ici les quatre suivantes (sans retouche) :

La figure 1 représente une aurore faible et tranquille en forme de plaque vibrante, le 1er mars 1910 à $8^h28^m46^s$, temps de Greenwich Le temps est compté au début de la pose qui a duré 20 secondes. Le calcul fait voir que l'altitude de l'aurore entre les étoiles α et β de la Grande Ourse était d'environ 166^{km}, avec une erreur moindre que 10^{km}.

La figure 2 est une reproduction agrandie de la photographie d'une draperie d'aurore vers les Pléiades, le 9 mars à $10^h26^m22^s$. Pose 3 secondes. Distance aux environs des Pléiades, 200^{km}; altitude entre 50^{km} et 60^{km}. La draperie fait un grand pli, ce qui donne un renforcement de la lumière. La tache blanche à droite provient d'un défaut dans la plaque.

La figure 3 représente un arc passant au zénith, le 14 mars à $6^h34^m22^s$. Pose 10 secondes. Hauteur aux environs de l'étoile β de la Grande Ourse, 190^{km}.

La figure 4 représente aussi un arc à la même date, à $8^h32^m50^s$. Hauteur aux environs de l'étoile ξ de la Grande Ourse, 120^{km}.

Nous sommes convaincu que l'application systématique de cette nouvelle méthode photographique ne tardera pas à donner des résultats de la plus grande importance pour l'étude des aurores.

A 4 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un filament extraordinaire.* Note de MM. H. **Deslandres**, L. **d'Azambuja** et V. **Burson**.

Le 11 avril 1910, le Soleil a montré des phénomènes très curieux et même extraordinaires, dont l'un a été décrit déjà dans une Note précédente des *Comptes rendus* du 25 avril, p. 1007, et intitulée : *Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère.* Nous présentons aujourd'hui un autre phénomène du même jour, au moins aussi intéressant, mais d'un ordre différent.

Le 11 avril, le temps a été assez beau pendant toute la journée, et il a été possible de faire de nombreuses épreuves avec les trois appareils enregisteurs principaux qui relèvent l'atmosphère entière de l'astre. Ces appareils sont :

1° Un petit spectrohéliographe de faible dispersion, en service depuis 1893, qui décèle la chromosphère moyenne du calcium ; 2° un grand spectrohéliographe, de forte dispersion, employé depuis 1908, qui donne l'image des couches supérieures de la chromosphère avec le calcium et l'hydrogène ; 3° un spectroenregistreur des vitesses radiales, datant de 1907, qui relève les vitesses radiales des mêmes vapeurs dans la couche supérieure, et en même temps les largeurs et détails des raies correspondantes, K et H_α, très variables, comme on sait, d'un point à l'autre de l'astre.

Les couches supérieures du calcium et de l'hydrogène ont montré de très beaux filaments, dont le dessin a été inséré dans la Note précédemment citée du 25 avril dernier. On distingue en particulier une belle courbe polaire de filaments, plus importante qu'à l'ordinaire, qui a été rapprochée des courbes similaires observées aux pôles pendant les années précédentes.

La case I de la figure ci-contre reproduit ce même dessin, fait d'après les épreuves de d'Azambuja avec le grand spectrohéliographe.

Or, au même moment, les épreuves du spectroenregistreur des vitesses obtenues par Burson décèlent dans le quadrant Sud-Est un filament extraordinaire, qui, fait curieux, n'apparaît pas ou est à peine visible sur les images du grand spectrohéliographe. Ce filament nouveau est représenté dans la case II de la figure.

Il a la particularité d'avoir des vitesses radiales considérables, ascendantes dans la grande majorité des cas, et qui ont dépassé sur certains points 100^{km} par seconde. Les filaments ont été déjà notés par Deslandres, comme ayant, d'une manière générale, des vitesses radiales plus grandes que les points ordinaires du disque; mais c'est la première fois que l'on enregistre nettement à Meudon par la photographie des vitesses radiales aussi grandes.

La première épreuve des vitesses a été faite de 8^h02^m à 8^h15^m; et aussitôt le phénomène bien constaté, le directeur de l'Observatoire a demandé que l'on fît des épreuves successives, aussi nombreuses que possible, avec une seconde fente plus large et des sections plus rapprochées.

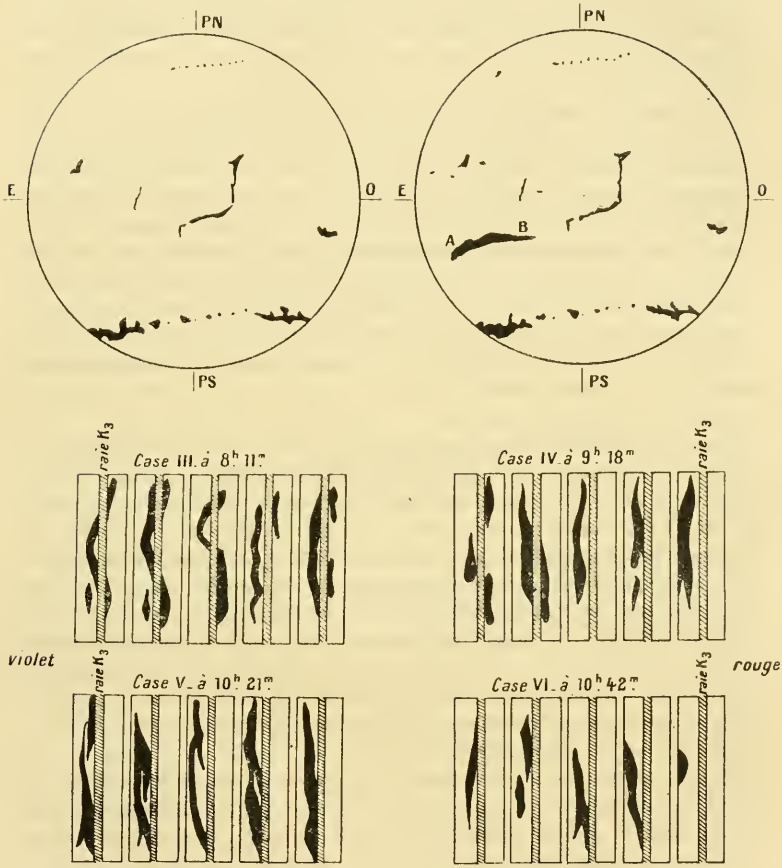
La seconde fente, dont la largeur ordinaire est de 1^{mm}, a été agrandie à 2^{mm}; mais l'agrandissement a été encore insuffisant, car la raie noire K_3, fortement déplacée, était coupée par la joue de la fente, et la vitesse de 100^{km} a été certainement dépassée [1]. On a pu faire ainsi plusieurs épreuves successives de vitesse; on s'est arrêté à la treizième qui, vers midi et demi, ne montrait plus aucun déplacement de vitesse radiale. Mais au début, vers 8^h, lorsque le phénomène a été constaté, le déplacement radial était déjà notable: il a atteint son maximum vers 10^h15^m et, à 11^h30^m, il était nul ou insignifiant. La perturbation avait duré au moins 3 heures et demie.

Les cases de III à VI reproduisent les déplacements des sections les plus curieuses sur quatre des épreuves. La raie centrale K_3 est représentée à sa place ordinaire par une ligne avec hachures; et la raie déplacée est indiquée par de gros traits noirs irréguliers. Ce mode de représentation correspond bien d'ailleurs à la réalité; car, dans la plupart des sections, la raie K_3 a la position et l'intensité qui lui sont habituelles au centre de la raie K,

---

[1] Le filament n'étant pas au centre du disque, le déplacement constaté peut tenir non seulement à un mouvement vertical de la vapeur, mais aussi à un mouvement horizontal. On sait, il est vrai, que, dans les filaments, la vitesse d'ascension est toujours notable

Couche supérieure de l'atmosphère solaire du 11 avril 1910.



Les cases I et II représentent les filaments (sans les alignements) relevés sur l'épreuve des formes (case I) et sur l'épreuve des vitesses (case II). Les autres cases reproduisent quelques sections intéressantes relevées sur quatre épreuves successives des vitesses à l'emplacement du filament exceptionnel AB. La raie K_3 est représentée à sa place normale au milieu par des hachures, et la raie K_3, déplacée plus ou moins, est indiquée par un trait noir. Les composantes brillantes K_2 ne sont pas représentées.

entre les deux composantes relativement brillantes de K_2; et il y a en plus, surtout du côté violet, et à l'emplacement K_{1v} des raies noires, même très noires, plus ou moins tordues et déplacées. Tout se passe comme si, la couche K_3 restant à peu près dans son état ordinaire, une grande masse de gaz au-dessus, distincte de la première, s'élevait irrégulièrement à de grandes vitesses.

On s'explique ainsi très bien que le filament, si frappant à première vue sur l'épreuve des vitesses, soit à peine apparent dans l'épreuve du grand spectrohéliographe. Lorsque la seconde fente de ce grand appareil isole seulement la partie centrale de la raie K_3, les raies un tant soit peu déplacées et les autres parties de la raie K lui échappent absolument (¹).

En fait, l'image du grand spectrohéliographe montre seulement un alignement qui prolonge vers le bord est le filament du centre et est, d'ailleurs, comme il arrive souvent, accompagnée au bord par une protubérance (représentée sur le Soleil de la case II). De plus, au même moment, le filament en question se montrait encore assez net sur l'image de la couche moyenne avec le petit spectrohéliographe dont la seconde fente isole une partie plus grande de la raie K.

L'épreuve des vitesses permet d'expliquer aisément toutes ces différences; elle décèle tous les filaments de la case I, et en particulier le grand filament polaire qui, à ce moment, n'avait pas de vitesses radiales notables; mais, pour les voir, il faut regarder avec soin l'épreuve. Par contre, le filament nouveau du quadrant Sud-Est, aux grands mouvements ascendants, apparaît, à première vue, avec une intensité et une netteté singulières qui annoncent bien sa grande importance. On vérifie une fois de plus ce fait, reconnu à Meudon et signalé déjà plusieurs fois, que, dans la couche supérieure, les perturbations se produisent sur des lignes souvent très longues (filaments et alignements). Dans les couches plus basses et sur la surface, au contraire, les perturbations sont concentrées sur les points plus ou moins ronds qui sont les taches.

D'autre part, tous ces faits font toucher du doigt les points faibles du spectrohéliographe, déjà signalés par Deslandres de 1891 à 1893. L'appareil, dont la seconde fente a une largeur constante, ne peut isoler complètement une raie qui, par essence, est de largeur variable, et justement

(¹) Si la seconde fente du spectrohéliographe avait isolé une autre partie de la raie K, le phénomène aurait pu être signalé, sinon reconnu exactement. Son interprétation précise exige le recours à l'épreuve des vitesses.

il est en défaut, aux moments les plus intéressants, lorsque la vapeur a des mouvements notables. Le spectroenregistreur des vitesses le complète heureusement et est au moins aussi utile.

La grande perturbation solaire du 11 avril n'a pas été accompagnée d'un trouble des aimants terrestres, qui puisse lui être rapportée. Ces grandes émissions de vapeur, qui donnent lieu à des particules condensées, et chassées ensuite par la pression de radiation, ont été présentées comme une des causes principales de l'action exercée par le Soleil sur le magnétisme terrestre. Mais, dans le cas présent, le filament à grands mouvements est trop éloigné du centre pour que la Terre se trouve dans son rayon d'action. Cependant ces phénomènes, en général de durée courte, ne sont pas probablement aussi rares qu'on le croit en général. Il faudrait seulement, pour les déceler tous, un enregistrement continu des formes et des mouvements des vapeurs solaires. Cet enregistrement continu, réclamé par Deslandres depuis 1893, exige un grand effort, mais il est nécessaire pour la reconnaissance des liens précis qui unissent le Soleil à la Terre.

PHILOSOPHIE NATURELLE. — *Sur les principes de la Mécanique et sur leur applicabilité à des phénomènes qui semblent mettre en défaut certains d'entre eux.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. L'examen approfondi des phénomènes de mouvement, depuis trois siècles, a tendu sans cesse à faire admettre les principes suivants, qui, devenus les bases de la Mécanique, paraissent applicables à tout système de *points* (ou éléments) *matériels* mis en présence les uns des autres et supposés seuls dans l'espace :

1° L'accélération géométrique de chaque point est, à tout instant, fonction de la *configuration* du système, ou rattachée d'une manière déterminée (en grandeur et en direction) à sa figure actuelle que définissent complètement les distances réciproques de ses points; et elle se trouve, par conséquent, indépendante de leurs vitesses, c'est-à-dire de leur mouvement actuel;

2° A une même configuration peuvent, dans plusieurs systèmes supposés très éloignés les uns des autres mais composés de points exactement pareils chacun à chacun, correspondre, suivant les cas, toutes les vitesses imaginables;

3° Il existe, pour chaque point matériel, un *certain* coefficient constant,

appelé sa *masse*, mesure de sa valeur dynamique comparativement aux autres points, tel, que le demi-produit, par cette masse, du carré de la vitesse du point, exprime son *énergie actuelle* de mouvement, c'est-à-dire une quantité dont la somme *arithmétique* pour tout le système, jointe à une certaine fonction des diverses distances mutuelles des points du système dite son *énergie potentielle*, donne, pour le système entier, une quantité (*énergie totale*) invariable d'un instant à l'autre.

Et il est même jusqu'à présent très probable (sans qu'il soit néanmoins nécessaire de l'admettre pour ce qui suit) que l'énergie potentielle est une somme pure et simple de termes, $F(r)$, ne dépendant, chacun, que d'une seule distance, d'une seule droite r de jonction des points du système, termes qui exprimeraient sa valeur si le système se réduisait au *couple* des deux points reliés par la droite r correspondante. Par conséquent, si l'énergie actuelle se décompose, comme il est évident, en autant de parties relativement indépendantes que le système comprend de points, l'énergie potentielle se décomposerait aussi en autant de termes distincts qu'il comprend de *couples* de points ou de droites r joignant ces couples, ou encore, de *rapports* (entre points) *élémentaires*, définis par ces droites mêmes.

II. Or, il résulte des trois principes précédents que la *force motrice* de chaque point, *produit de sa masse et de son accélération géométrique actuelle* représenté, en grandeur et direction, par une droite émanée du point suivant le sens de l'accélération, est la *résultante* (ou somme *géométrique*) de droites tirées de ce point vers chacun des autres et égales respectivement aux dérivées partielles, changées de signe, de l'énergie potentielle par rapport à la distance r des deux points ainsi considérés. Cette droite partielle s'appelle *l'action* du point vers lequel on la tire sur le point d'où elle émane : elle est évidemment égale et contraire à la *réaction* analogue de celui-ci sur celui-là ; et l'ensemble de ces deux *forces* constitue *l'action mutuelle* du couple des deux points (fonction de leur seule distance r, quand l'énergie potentielle totale se décompose en énergies partielles propres aux divers couples) [1].

III. Dans la nature, l'énorme complication des systèmes, où il arrive le plus souvent qu'un grand nombre de points apparaissent peu, tout en ayant

---

[1] On peut voir ces déductions, précédées de l'exposé des principes mêmes, par exemple, dans les trois premières de mes *Leçons synthétiques de Mécanique générale* (Paris, Gauthier-Villars ; 1889).

une influence appréciable sur les phénomènes étudiés, est cause que notre attention doit, eu égard à la faiblesse de nos intelligences, se porter presque exclusivement sur certains points *principaux*, plus intéressants ou, parfois aussi, aptes à nous servir de repères pour tous les autres, et dont la situation, la vitesse, l'accélération, seront, dès lors, seules *notées*, seules mises en vue. Il y aura donc lieu d'éliminer des calculs la multitude des autres points, tout en tenant compte de leur action *globale* sur les points principaux.

Et les problèmes résolubles seront justement ceux où cette action globale admettra, *en fonction des quantités relatives aux points principaux*, une expression maniable, que des circonstances particulières à la question, généralement révélées par l'expérience, rendront suffisamment approchée, mais qui, ne contenant plus les variables r dont elle dépend directement, recevra de tout autres formes que sa forme naturelle et rigoureuse.

IV. Par exemple, dans le problème du mouvement, à travers l'atmosphère, d'un boulet lancé par une bouche à feu, l'action de la masse terrestre sur le projectile sera réduite à une fonction de la distance du centre du boulet au centre de la Terre, c'est-à-dire à une fonction de la situation du centre du boulet, ou même à une constante; et, d'autre part, l'action des couches d'air entourant le boulet, qui dépend de leur *inégal* rapprochement à sa surface *en avant* et *en arrière*, sera réduite à une fonction de la vitesse de translation du boulet, *pourvu que* cette vitesse V varie *avec assez de lenteur* pour permettre l'établissement à chaque instant, autour du boulet, d'un *régime* sensiblement *permanent* d'écoulement de l'air contre sa surface, régime dès lors fonction, si compliqué qu'il soit, de la variable unique qui le caractérise, savoir la vitesse actuelle V du projectile.

Les équations de mouvement de celui-ci se formeront donc en condensant dans deux *forces*, l'une constante, l'autre uniquement fonction de la vitesse V, d'une part l'ensemble des actions de la masse terrestre sur lui, d'autre part celle des innombrables particules d'air, *toujours renouvelées*, en contact avec le boulet : ce qui permet d'éliminer fictivement cette masse et ces particules, ou de porter toute l'attention sur le mouvement même du boulet.

Or l'expression approchée en V, ainsi obtenue pour la résistance de l'air, semble une négation de la loi d'actions fonctions uniquement des distances r. Mais il n'en est rien cependant; car elle n'a pris sa forme paradoxale qu'en raison d'une élimination de vraies variables r dont elle dépend, rendue

possible par la notion d'un certain régime d'écoulement du fluide autour du boulet. Et cette notion n'est pas moins suggérée par l'expérience que la loi fondamentale des actions fonctions des distances r. Aussi, quoique notre science imparfaite soit, jusqu'à présent, impuissante à la déduire de la loi fondamentale, ou à saisir leurs rapports intimes, on ne peut, dès lors, admettre aucune contradiction entre elles.

V. Un autre exemple remarquable de réduction, pour les formules exprimant l'action globale d'une multitude presque infinie de points matériels sur une multitude analogue d'autres, se présente chez les corps (solides ou fluides) *à l'état élastique*. On les dit à cet état lorsque la configuration intime de leurs *groupes moléculaires* (ou agglomérations complexes de molécules chimiques), de part et d'autre de la surface séparant deux portions contiguës d'une particule matérielle, et en tant que cette configuration détermine l'action (ou *pression*) d'une de ces portions sur l'autre, n'y dépend que des situations relatives des *centres de gravité* des divers groupes moléculaires, c'est-à-dire de la configuration *visible* de la particule, ou, par conséquent, des déformations perceptibles (toujours assez petites) qu'elle a éprouvées à partir d'un certain état primitif *donné*, qui est, chez les solides et les liquides, l'état *naturel* où resterait la particule, supposée isolée et tranquille (à part son agitation calorifique interne).

En réalité, les situations de ces centres étant censées fixées, chaque groupe de molécules, extrêmement complexe, comporte encore une infinité de rotations et de déformations, entre les centres des groupes environnants qui ne le circonscrivent *que de bien loin*. Mais c'est une notion suggérée encore par l'expérience que, *si* les déformations visibles du corps se font *assez lentement*, chaque groupe moléculaire aura eu sans cesse le temps de répartir ses molécules d'une certaine manière, la plus stable possible, d'après l'espace qui lui est ainsi assigné entre ses voisins. Ce qu'a d'invisible la configuration interne de la particule, *et qui est presque tout*, sera donc, en définitive, *fonction du peu qui est visible*, savoir, des *six déformations élémentaires* d'ensemble, bien connues (trois *dilatations* et trois *glissements*), définissant le changement survenu, à partir de l'état primitif censé donné, dans la configuration *perceptible* de la particule. Par suite, les *pressions élastiques* seront exprimables au moyen de celles-ci.

VI. C'est donc, là encore, la connaissance expérimentale *d'une sorte de régime se produisant sans cesse*, qui rendra possible la *théorie de l'élasticité*, tandis que l'altération plus ou moins profonde des groupes moléculaires,

avec ou sans échange de molécules entre eux, mais avec *sauts* d'un état interne d'équilibre à un autre, etc., rendra intelligibles les *déformations persistantes* ou les faits *de plasticité*.

VII. Et si les déformations visibles de la particule se font trop vite pour que la configuration interne, qui règle les pressions, soit sans cesse la configuration *élastique* (ou la plus stable) pour les situations relatives actuelles des centres des groupes moléculaires, on conçoit que les écarts entre cette configuration élastique *idéale* et la configuration *réelle* se trouveront d'autant plus grands, que la vitesse de production des déformations visibles sera plus grande elle-même, donnant ainsi, dans les formules des pressions, outre leur partie élastique, des termes correctifs, fonctions des *six* vitesses élémentaires (perceptibles) de déformation de la particule. Ainsi s'expliquera la présence, dans les corps, des *frottements intérieurs* (plus souvent appelés de nos jours *forces de viscosité*), fonctions d'un état *dynamique*, de *vitesses*, qui introduisent, dans les formules des pressions, des dérivées par rapport au temps et semblent, comme dans le cas d'un projectile mû à travers l'air, en contradiction avec la loi fondamentale des actions fonctions des distances.

Mais cette contradiction apparente résulte, comme on voit, cette fois encore, d'une élimination des vraies variables rendue possible par la notion d'un certain régime tendant à s'établir, *notion d'expérience* encore venue s'adjoindre à la loi fondamentale sans la nier, quoique nous soyons, au moins jusqu'à ce jour, hors d'état de l'en déduire ou de pénétrer les rapports intimes de ces deux faits capitaux [1].

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle mesure de la cohésion diélectrique de l'argon* [2]. Note de M. E. Bouty.

La détermination, même approchée, de la cohésion diélectrique de l'argon soulève des difficultés qu'on ne rencontre guère avec les autres gaz

---

[1] Ce n'est donc pas seulement dans les grandes questions de Philosophie morale ou religieuse que nous devons faire ce que dit Bossuet, *tenir fortement les deux bouts de la chaîne* et croire à sa continuité, malgré l'obscurité qui nous dérobe certains chaînons intermédiaires : c'est aussi dans les questions fondamentales de nos sciences physico-mathématiques. Les principes divers y trouvent leur unité, ou se joignent, à des profondeurs où n'atteint généralement pas notre vision distincte.

[2] *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 616.

rares (hélium, néon), cependant si sensibles à la présence d'impuretés. On observe en effet, *pour une valeur invariable de la pression* et parfois sans cause bien apparente, des variations progressives de la différence de potentiel minimum susceptible de provoquer la décharge. Ces variations sont tout à fait comparables à celles qui résulteraient, avec tout autre gaz, d'une variation continue de la pression.

Première expérience. — De l'argon, reconnu très pur à l'examen spectroscopique, après avoir séjourné dans un serpentin refroidi par l'air liquide, passe dans l'appareil de mesure, composé d'un ballon en relation avec un manomètre à mercure. La pression (34^{cm} de mercure) est demeurée invariable pendant toute la durée de l'expérience (du 5 au 8 mai 1909). Voici les valeurs observées du champ critique y :

Premier jour	1267	1442	1886	1845
Deuxième jour	1938	1998	1974	2085
Troisième jour	2022	2119	2062	2110
Quatrième jour	2096	2144	»	»

De la première à la dernière mesure, y a varié de 70 pour 100 de sa valeur initiale. Si l'on admet, pour la cohésion diélectrique de l'argon, le nombre 38, déterminé dans la suite de cette Note, la variation constatée ici, à pression invariable, est celle qui, dans une expérience normale, résulterait d'un accroissement de pression de 23^{cm}.

Deuxième expérience. — La disposition générale de l'appareil étant la même, après avoir fait, à l'aide de la trompe à mercure, le vide le plus complet possible, on ferme un robinet R interposé entre le ballon et le manomètre, et l'on plonge le serpentin dans l'air liquide, pour absorber toute trace de vapeur de mercure. On ferme un robinet R′ interposé entre le ballon et le serpentin, on remplit ce serpentin d'argon que l'on transvase, après un quart d'heure de séjour dans l'air liquide, dans le ballon désormais séparé du serpentin par la fermeture définitive du robinet R′. Les conditions sont dès lors analogues à celles de l'expérience précédente, à cela près que l'argon employé ici se trouvait un peu moins pur et qu'on avait éliminé toute trace de vapeurs de mercure. Voici les valeurs de y (13-17 mai 1909) :

1859, 1845, 1883, 1902, 1901, 1883, 1898, 1893, 1919, 1872.

Ces nombres, assez irréguliers, ne présentent plus qu'une très légère tendance systématique à l'augmentation.

Troisième expérience. — On remet à ce moment le ballon en communication avec le manomètre, de telle sorte que la vapeur de mercure émise par le ménisque puisse se diffuser lentement vers le ballon.

Une mesure de y est faite aussitôt après l'ouverture du robinet R, et renouvelée chaque jour à la même heure du 17 au 25 mai. Les valeurs de y,

1818, 1770, 1763, 1716, 1716, 1692, 1679, 1640, 1632,

accusent cette fois une diminution systématique qui, le neuvième jour, atteint 10,2 pour 100 de la valeur initiale, et ne peut être attribuée qu'à l'introduction de vapeur de mercure dans le ballon.

Sans approfondir davantage pour le moment les causes des variations que je viens de signaler, il y a lieu de se demander si elles opposent un obstacle insurmontable à l'étude de la variation du champ critique avec la pression, c'est-à-dire à la détermination de la cohésion diélectrique. Tel est l'objet essentiel de cette Note.

Rappelons que la cohésion diélectrique b peut être définie simplement par la relation

$$y = a + bp,$$

dans laquelle y est le champ critique correspondant à la pression p, celle-ci pouvant varier depuis quelques centimètres de mercure jusqu'à la plus haute pression que permettent d'atteindre soit la masse de gaz dont on dispose, soit la puissance de la batterie employée. La cohésion b est une constante caractéristique du gaz, tandis que le coefficient a dépend à la fois de la nature du gaz, de la nature et de l'état superficiel des parois du ballon renfermant le gaz.

Avec la plupart des gaz, les variations de a, au cours d'une série de mesures (durant, en moyenne, plusieurs jours), sont insignifiantes, c'est-à-dire que, quand on maintient la pression invariable, on n'observe jamais de variations de y de quelque importance.

Avec l'argon, et si l'on exclut le cas où le gaz vient d'être refroidi (1re expérience, 1re journée), les variations de y, pour une pression fixe, sont, en somme, assez lentes pour qu'on doive espérer, en croisant les mesures relatives à des pressions alternativement hautes et basses, séparer les variations de y attribuables à des variations de a de celles qui tiennent exclusivement à la variations du terme bp. Partant d'une valeur arbitraire de p, pour laquelle on a mesuré y, on répète le plus tôt possible la mesure pour une pression p', très différente, puis pour une pression p'' voisine de p. De l'ensemble des trois mesures on déduit les valeurs de a et de b. On recommence ensuite entre d'autres limites de pression et l'on constate que les valeurs de b ainsi calculées, d'un bout à l'autre de la série de mesures, ne présentent que de petites différences dont le caractère est accidentel, tandis que la variation de a, qui peut être grande, affecte une allure très nettement systématique.

Il est donc possible d'obtenir une valeur assez approchée de la cohésion diélectrique de l'argon.

Le Tableau ci-dessous donne les résultats de la meilleure expérience.

L'argon, extrait de l'air, avait été préparé avec un soin extrême par M. Lepape, sous la direction de M. Moureu [1], au laboratoire de l'École de pharmacie. Les mesures, exécutées en présence de la vapeur de mercure, sans refroidissement préalable du gaz [2], ont montré un accroissement systématique du coefficient a, évalué en moyenne à dix unités de chaque mesure à la suivante. Les valeurs brutes de y sont données dans la troisième colonne. Dans la quatrième figurent les mêmes valeurs corrigées de la variation de a. Enfin la cinquième donne les valeurs de y calculées par la formule linéaire $y = 539 + 38p$.

14-16 *juin* 1910.

Numéros d'ordre de la mesure.	Pression en centimètres de mercure.	y brut.	y corrigé.	y calculé.	Différence : calc. — corr.
13.....	15,11	1273	1163	1113	— 50
10.....	16,03	1217	1137	1148	+ 11
11.....	16,03	1233	1143	1148	+ 5
1.....	24,97	1481	1481	1488	+ 7
2.....	24,97	1494	1484	1488	+ 8
14.....	25,61	1620	1500	1512	+ 12
8.....	28,74	1688	1628	1630	+ 2
9.....	28,74	1652	1582	1630	+ 48
3.....	39,65	2096	2076	2046	— 30
4.....	39,65	2095	2065	2046	— 19
12.....	40,87	2219	2119	2092	— 27
5.....	45,14	2269	2229	2254	+ 25
7.....	49,36	2459	2409	2414	+ 5
6.....	51,73	>2528	>2478	2505	<+ 27

La valeur initiale du coefficient a est 539; sa valeur finale, 659. Dans l'expérience relative à l'argon récemment refroidi dans l'air liquide, la valeur initiale de a devait être sensiblement nulle [3], sa valeur finale atteignant 800 à 900.

En ce qui concerne la cohésion diélectrique, la valeur 38, déduite de l'expérience précédente, se confond presque avec le nombre 39 que j'avais déduit, en 1904, d'expériences à pression relativement basse, avec de l'argon

---

[1] Je prie MM. Moureu et Lepape d'agréer mes meilleurs remercîments pour l'aide qu'ils m'ont fournie en préparant et purifiant, à diverses reprises, l'argon dont je me suis servi.

[2] Ce gaz était conservé depuis un an dans une éprouvette, sur le mercure.

[3] $38p = 38 \times 34 = 1292$; valeur initiale de y, 1267.

préparé par M. Moissan [1]. La cohésion de l'argon est donc sensiblement double de celle de l'hélium (18,3), gaz qui précède immédiatement l'argon dans la dernière classification de Mendeléeff.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Élimination des déchets azotés dans l'acte de la sécrétion rénale, chez le sujet en état d'inanition. Rapport de cette élimination avec celle de l'eau, véhicule des excreta urinaires. Indépendance réciproque des deux phénomènes.* Note de MM. A. Chauveau et feu Contejean.

Chez le sujet à l'inanition, la restauration alimentaire ne vient pas compliquer l'observation des désintégrations dont la marche continue représente le phénomène initial et fondamental du renouvellement incessant de la matière animale vivante. L'état de jeûne s'impose donc dans l'étude expérimentale de ce phénomène considéré en lui-même. Il s'impose également dans tous les cas où il y a lieu de profiter de la simplicité que cet état imprime aux conditions expérimentales, pour les recherches physiologiques de toute nature qui ont à s'appuyer, comme point de départ, sur les faits observés au cours des désintégrations courantes attachées à la fonction rénovatrice.

Un exemple du profit qu'on peut tirer de cette condition a été rappelé dans la Note présentée par nous à la séance du 6 juin [2]. C'est celui de la contribution qui a été apportée, par l'expérience décrite dans cette Note, à la démonstration de la non-participation des albuminoïdes en voie de désintégration à la dépense énergétique liée à la production du travail musculaire. Un sujet appartenant à l'espèce canine, en état d'inanition, passait par des périodes alternatives de repos et de travail, pendant lesquelles on

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 616. Il y a dans la formule (2) de cette Note une faute d'impression. La formule correcte est

$$y = 39\sqrt{p(p+35)}$$

(voir *Journal de Physique*, 4e série, t. III, p. 600) qui, pour des pressions suffisamment élevées, peut être réduite à la forme linéaire $y = 694 + 39p$.

La discontinuité que j'avais cru remarquer alors, pour des pressions supérieures à 16cm de mercure, était une conséquence des phénomènes perturbateurs signalés dans ma Note actuelle. Cette discontinuité n'existe pas.

(2) *Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne.* Note de M. A. Chauveau et feu Contejean (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1478).

recueillait son urine, dont on dosait ensuite l'azote total. D'après la comparaison des chiffres obtenus dans chacune de ces périodes, il était facile de voir si l'intervention du travail accroît les déchets azotés dans l'urine; et l'on pouvait s'assurer ainsi du rôle que les albuminoïdes de l'organisme peuvent jouer comme source de potentiel capable d'alimenter l'activité du système musculaire. Or *la courbe de l'excrétion azotée est restée pendant les périodes de travail ce qu'elle était pendant les périodes de repos*. Il était ainsi démontré que l'énergie employée à la production du travail des muscles ne provient pas directement du potentiel albumine.

Toutes les objections qu'on pouvait opposer à la légitimité de cette conclusion avaient été prévues et réfutées à l'avance. Ainsi, c'était une opinion courante que l'*élimination* des excreta azotés peut fort bien ne suivre que de très loin leur *formation*. Quel fond faire alors sur une expérience, relativement courte, où l'on serait nécessairement exposé à chercher le surcroît d'excreta azotés, dénonciateur de la participation des albuminoïdes à la dépense énergétique excitée par la contraction musculaire à un moment où ce surcroît n'aurait pas encore eu le temps d'apparaître dans l'urine sécrétée? On a vu, par le récit de la laborieuse et très importante expérience de la Note précitée, le cas qu'il convient de faire de cette objection. Destinée à l'étude des influences extérieures ou intérieures qui peuvent modifier les désintégrations préparatoires à la rénovation des albuminoïdes des éléments de l'organisme, l'expérience établit d'une manière très précise et tout à fait significative, la rapidité avec laquelle *se forment et s'éliminent conjointement* les excreta azotés qui résultent de ces désintégrations. En donnant ainsi la preuve de la *quasi-contemporanéité de ces deux phénomènes*, l'expérience de contrôle avait affirmé à l'avance la confiance que mérite la signification négative des faits observés dans notre étude de l'influence du travail musculaire sur la désintégration des albuminoïdes de l'organisme. L'immobilité qu'a présentée la courbe de l'excrétion azotée, dans cette étude expérimentale, prend bien le caractère d'une démonstration positive de l'absence de toute contribution des albuminoïdes à la dépense énergétique du travail musculaire.

Mais ce n'est point là le seul bénéfice à retirer du document expérimental qui a fait l'objet de la Communication précédente. Après en avoir obtenu la démonstration de la promptitude avec laquelle la désintégration des albuminoïdes répond à ses causes excitatrices, dans l'état de jeûne, il reste à en extraire les enseignements annoncés dans le titre de la présente Note, sur *les rapports existant, dans la sécrétion rénale, entre l'élimination des excreta azotés et celle de l'eau, leur véhicule.*

Jamais on ne s'est beaucoup préoccupé de la détermination exacte de ces rapports. Sur la foi de simples apparences, on s'est habitué à admettre vaguement que l'élimination des déchets azotés, produits de la désintégration des albuminoïdes, est subordonnée à l'élimination du véhicule aqueux de ces déchets ([1]). Si cela était, ce serait la suspicion jetée en permanence sur l'exactitude des faits qui nous ont amenés à conclure à la quasi-contemporanéité de la *formation* et de l'*élimination* de ces déchets. Mais cette suspicion ne trouvera même pas l'occasion de se faire discuter.

Les faits nouveaux à produire dans cette seconde Note démontrent, en effet, que les oscillations des quantités d'eau et d'excreta azotés, qu'élimine du sang la sécrétion rénale, ne sont pas nécessairement symétriques dans leur marche croissante ou décroissante. Elles se sont montrées parfois tout à fait discordantes et, dans les cas de concordance, les relations de grandeur qui existaient entre elles n'étaient ni proches ni régulières : *c'était la démonstration de l'indépendance que les deux phénomènes gardent l'un vis-à-vis de l'autre.*

Voilà ce que nous avons à exposer maintenant, en nous appuyant sur les faits consignés dans le Tableau ci-après, où la quantité d'urine recueillie a été mise en regard de l'azote total que contient cette urine, dans chacune des 27 périodes qui se sont succédé au cours de l'expérience.

([1]) Mon préparateur Contejean, ayant entendu émettre cette assertion, sans la moindre réserve, à la Société de Biologie, me demanda d'y répondre, à la séance suivante, en citant brièvement quelques-uns des faits de notre expérience, faits que j'avais déjà colligés, réunis en tableaux et synthétisés au moyen d'un graphique. Non seulement je donnai à Contejean cette autorisation, mais je le chargeai de publier intégralement tous les documents en question, en son nom propre. Je les croyais donc insérés dans les *Comptes rendus* de la Société de Biologie, où je les fis rechercher il y a quelques semaines. C'était au moment où le décès de Pflüger, me remettant en mémoire sa campagne en faveur de la réhabilitation des albuminoïdes considérés comme source essentielle du potentiel qui alimente en énergie les muscles qui travaillent, je désirais contrôler quelques renseignements. A ma grande surprise, les communications que Contejean devait faire à la Société de Biologie ne figuraient pas dans ses *Comptes rendus*. Je ne puis m'expliquer pourquoi. En tout cas, les recherches auxquelles je me livrai, dans les cahiers d'expériences et les papiers du laboratoire, me permirent de retrouver tous les documents que j'avais confiés à Contejean. J'ai donc pu faire une rédaction méthodique de l'expérience. Elle est signée de mon nom et du sien. J'essaie de payer ainsi la dette de reconnaissance que j'ai contractée envers la mémoire d'un précieux collaborateur, qui n'a ménagé ni son temps ni sa peine pour se mettre en état de m'assister utilement dans tous mes travaux de Physiologie générale.

A. Ch.

TABLEAU COMPLET DES QUANTITÉS D'URINE ET D'EXCRETA AZOTÉS FORMÉES AUX DIFFÉRENTS TEMPS DES TROIS SÉRIES DE NOTRE EXPÉRIENCE.

	Succession des temps.	Urine sécrétée dans chaque période.	Azote total des uréides excrétés.	Interventions qui ont activé la formation des déchets azotés et la sécrétion de l'urine.
		cm³	cg	
I.	De 8h à 10h	10 +	− 23,2	
II.	De 10h à midi	7 −	+ 27,4	
III.	De midi à 2h	7	24,6	
IV.	De 2h à 4h	6	23,5	
V.	De 4h à 6h	6,5	27,3	
VI (*a*).	De 6h soir à 8h matin	329	158,2	(*a*) 400cm³ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
I.	De 8h à 10h	19	24,5	
II (*b*).	De 10h à midi	193 +	= 30,9	(*b*) Douche froide de 15m au début de cette période. Tempér. rectale : avant, 38°,8; après, 36°,4.
III.	De midi à 2h	82 −	= 30,8	
IV.	De 2h à 4h	15	28	
V.	De 4h à 6h	12	22,6	
VI (*a*).	De 6h soir à 8h matin	360	136,5	(*a*) 400cm³ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
I.	De 8h à 10h	6	20,7	
II (*c*).	De 10h à midi	130 +	− 27	(*c*) Douche froide de 15m au début de cette période. Tempér. rectale : avant, 38°,9; après, 36°,5.
III.	De midi à 2h	32,5 −	+ 28,4	
IV (*d*).	De 2h à 4h	167 +	− 31,4	(*d*) Id. — Tempér. rect. : avant, 38°,6; après, 36°,1.
V.	De 4h à 6h	35 −	+ 32,4	
VI.	De 6h à 8h	13	29,1	
VII (*a*).	De 8h à 10h	270	36,7	(*a*) 400cm³ d'eau froide introduite dans l'estomac, au début de cette période.
VIII.	De 10h à minuit	94 +	− 25,3	
IX.	De minuit à 2h	16 −	+ 26,4	
X.	De 2h à 4h	16 +	= 25,6	
XI.	De 4h à 6h	12 −	− 25,5	
XII.	De 6h à 8h	10 =	+ 26	
XIII.	De 8h à 10h	10 =	− 25,4	
XIV.	De 10h à midi	7 =	− 25,3	
XV.	De midi à 2h	7 =	+ 25,5	

Au premier coup d'œil jeté sur ce Tableau, il est facile de voir que l'action exercée par les excitations de la rénovation de la matière n'a pas seulement accru la valeur des excreta azotés. Cette action a provoqué de plus un énorme accroissement de la quantité d'eau excrétée dans la succession des périodes de l'expérience. Mais ce dernier accroissement ne suit pas une marche parallèle à celle de l'excrétion azotée. L'indépendance réciproque des deux phénomènes se manifeste nettement quand on compare les chiffres qui en expriment respectivement l'intensité au cours des différents temps des trois séries d'expériences.

La comparaison, déjà facile avec le Tableau complet, le devient encore plus avec le Tableau résumé ci-après, dans lequel les valeurs d'urine évacuée et d'azote total fourni par les uréides qu'elle contient sont mises en regard sur deux lignes superposées : la supérieure, consacrée à l'évacuation urinaire; l'autre à l'évacuation des déchets azotés. Cette disposition facilite d'autant mieux la constatation des différences qui existent dans l'intensité des oscillations des deux ordres, que les chiffres inscrits ne représentent pas les quantités d'urine ou d'azote réellement obtenues, mais le quotient de ces quantités réelles par la moindre d'entre elles, prise pour unité dans chacune des deux catégories de valeurs comparées.

	1re série.					2e série.				
Nos d'ordre..	I.	II.	III.	IV.	V.	I.	II.	III.	IV.	V.
		+	−				+	−		
Évac. ur..	1,66	1,17	1,17	1	1,08	3	32	17	2,5	2
Évac. az...	1,12	1,32	1,19	1,14	1,32	1,18	1,50	1,50	1,35	1,09
	−	+					=	=		

	3e série.															
Nos d'ordre.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.
		+	−	+	−			+	−	+	−	−	−	=	
Ev. ur.	1	21,7	5,4	28	6	2,2	45	15,6	2,7	2,7	2	1,17	1,17	1,2	1,2
Ev. az.	1,00	1,30	1,37	1,52	1,57	1,41	1,77	1,22	1,27	1,24	1,23	1,26	1,23	1,22	1,23
		−	+	−	+			−	+	=	=	+	−	−	+

Les enseignements que fournit ce nouveau Tableau sur les rapports de l'évacuation des déchets azotés avec celle de leur véhicule aqueux s'y traduisent d'une manière saisissante. L'énormité des oscillations de ce dernier fait un bien instructif contraste avec la petitesse relative des oscillations des déchets azotés. *Ces derniers n'arrivent point à varier du simple au double; leurs oscillations* se limitent étroitement entre 1 et 1,77. Mais celles de l'urine éva-

cuée vont de 1 à 45! C'est au moment où l'action des interventions excitatrices des dislocations rénovatrices bat son plein que ces extraordinaires dissemblances se manifestent. Elles sont déjà bien significatives comme indices de l'indépendance réciproque des deux évacuations. Leur signification s'accentue encore du fait de ce qui arrive quand cette action est complètement épuisée. Alors les différences tendent à se produire en sens inverse, c'est-à-dire au désavantage des oscillations de l'urine sécrétée. Devenues très petites ces dernières se montrent plutôt inférieures à celles des uréides que contient ce liquide.

Tout importante que soit cette démonstration, elle n'atteint pourtant pas la valeur de celle qui est fournie par les résultats discordants obtenus dans quelques-unes des périodes de l'expérience : la marche de l'évacuation azotée y est parfois *croissante* quand celle de l'évacuation aqueuse est *décroissante*. Des accolades spéciales signalent, dans les Tableaux, les temps de l'expérience où cette discordance s'est manifestée.

Il est ainsi très solidement établi que le rein enlève simultanément au sang les uréides et l'eau qui doivent en être éliminés, sans que ces deux actes soient unis l'un à l'autre par le lien d'une solidarité quelconque.

Donc, *chez le sujet en état de jeûne, les variations de quantité de l'urine sécrétée, au cours d'une série de périodes expérimentales, n'introduisent aucun trouble dans la signification des excreta azotés entraînés avec l'urine. Ils restent, dans tous les cas, les témoins fidèles de l'activité de la désintégration des albuminoïdes des tissus et des humeurs de l'organisme animal, même dans les expériences de courte durée.*

PHYSIQUE. — *Sur l'action mutuelle de deux cathodes dans le champ magnétique.* Note de M. **Gouy**.

1. J'ai mentionné déjà [1] l'éclat que prennent les rayons magnéto-cathodiques émis par deux cathodes dans une ampoule de Crookes, lorsqu'ils sont amenés à superposition. Ces expériences, où j'ai utilisé une machine électrostatique et une batterie de 2800 accumulateurs, ont mis en évidence d'autres phénomènes qui se produisent lorsqu'il y a des lignes de force magnétique qui vont d'une cathode à l'autre; c'est ce que j'appellerai, pour abréger, une position *privilégiée*.

---

[1] *Comptes rendus*, 22 février 1909.

2. Il convient de donner à l'anode une très grande surface et d'employer de faibles courants, pour éviter la chute de potentiel magnéto-anodique (¹). Tant que le vide n'est pas élevé, le potentiel explosif hors du champ magnétique ne dépassant guère 400 volts, l'effet du champ sur ce potentiel est peu important; mais tout change quand le vide devient très élevé, avec des champs de 1000 gauss et au-dessus.

Hors du champ, le potentiel explosif, comme on sait, croît rapidement avec le vide; il atteint plusieurs milliers de volts pour des pressions de quelques microns, puis des valeurs bien plus grandes jusqu'à $0^{\mu},2$ qui est à peu près la limite de mes expériences (²).

L'action du champ, si l'on est très loin de la position privilégiée (à angle droit, par exemple), ne modifie que peu le potentiel explosif, sauf aux vides extrêmes où elle l'augmente notablement. Si l'on fait tourner l'ampoule en se rapprochant de la position privilégiée, ce potentiel s'abaisse, d'abord lentement, puis très vite au voisinage de la position privilégiée, où il atteint enfin une valeur peu supérieure à 400 volts, *qui augmente à peine avec le degré de vide*, et reste inférieure à 480 volts avec les appareils munis de cathodes sphériques (³). Une pile de 500 volts suffit ainsi à donner du courant jusqu'à la limite du vide ($0^{\mu},2$) où il faudrait plus de 20000 volts dans les conditions ordinaires. Avec des cathodes filiformes, il faut un peu plus, environ 600 volts. Plus le champ est intense, plus est rapide la variation du potentiel explosif au voisinage de la position privilégiée, mais, dans cette position même, sa valeur ne varie guère entre 500 et 2000 gauss (⁴).

3. Pour une expérience de démonstration, on peut employer une pile ou une source électrostatique fournissant un ou deux milliers de volts, et faire marcher la pompe Gaëde sans craindre l'excès de vide. En tournant l'am-

---

(¹) L'anode est un cylindre ouvert aux deux bouts, de 8^{cm} de diamètre, contenant les deux cathodes dans son intérieur. Il est commode (mais non indispensable), de réduire l'intensité à quelques micro-ampères, pour ne pas être gêné par les dégagements gazeux et par l'échauffement des cathodes.

(²) Avec un des appareils, par exemple, on avait 10000 volts pour une pression de 5^{μ}, et 20000 volts pour 1^{μ}. Ce sont les pressions mesurées à la jauge. Il faudrait y ajouter la tension de vapeur du mercure ($0^{\mu},8$) et peut-être celle des vapeurs hydrocarbonées provenant des joints rodés.

(³) Ce sont des boules de 5^{mm} ou de 9^{mm} de diamètre, éloignées de 3^{cm} environ, et portées par des fils garnis de tubes de verre.

(⁴) Avec 130 gauss, l'effet est un peu moindre, quoique encore très considérable; le potentiel explosif en position privilégiée augmente avec le vide, jusqu'à atteindre 750 volts environ.

poule dans le champ, on la voit s'allumer en arrivant à la position privilégiée, puis s'éteindre en dépassant cette position, en concordance avec les indications du galvanomètre. On peut répéter l'expérience à circuit ouvert, en reliant l'anode à la feuille d'or d'un électromètre, le tout parfaitement isolé. L'anode étant mise à la terre un instant, on voit la feuille d'or rester ensuite immobile, puis se relever brusquement lorsqu'on arrive à la position privilégiée, mesurant ainsi un potentiel différent de 500 volts environ de celui des cathodes.

4. Lorsque le courant passe en position privilégiée, les faisceaux magnéto-cathodiques se superposant, on voit s'illuminer vivement l'espace inter-cathodique. L'éclat de cette lumière est très grand, surtout avec quelques milliampères, et efface tout le reste quand l'expérience est bien disposée. Il reste toutefois près de chacune des cathodes un espace obscur ([1]), qui est d'autant plus restreint, que l'ampoule est le siège d'oscillations électriques plus intenses. Ainsi une étincelle dans le circuit diminue beaucoup cet espace obscur, qui est d'ordinaire plus réduit avec une machine électrostatique qu'avec une pile. Toutefois l'espace occupé par la lumière inter-cathodique ne décroît jamais au delà d'une certaine limite ([2]).

Si l'une des cathodes est entièrement isolée, et joue ainsi le rôle de cathode secondaire, elle produit de même de la lumière intercathodique, mais l'espace obscur de son côté est nul ou fort petit. Il en est de même si on la remplace par une baguette isolante, et il en est encore de même de la paroi de verre de l'ampoule. Il en résulte que, pour observer les rayons magnéto-cathodiques sans cette complication, il faut qu'ils se terminent sur l'anode, et non sur la paroi de verre. Dans le premier cas, l'espace obscur sur le rayon a sensiblement la même étendue que l'espace de Hittorff, à vide égal, et va jusqu'à l'anode dès que le vide est un peu élevé. Dans le second cas, il y a toujours près du verre une assez vive lumière de nature intercathodique ([3]).

([1]) Relativement obscur.

([2]) Lorsque le courant passe, sans qu'on soit en position privilégiée, les faisceaux magnéto-cathodiques des deux cathodes ne se rencontrant pas, se montrent alors réunis par une sorte de pont lumineux, qui est un reste ou une variante de la lumière inter-cathodique, et qui a d'ordinaire la forme d'un anneau.

([3]) En position privilégiée, la phosphorescence du verre produite par les rayons magnéto-cathodiques est fort diminuée, comme je l'avais signalé (*loc. cit.*). Ce fait s'explique aujourd'hui bien simplement par la baisse de tension que nous avons constatée plus haut.

5. La paroi de verre agissant comme cathode secondaire produit, quoique à un moindre degré, les mêmes effets d'abaissement du potentiel explosif qu'une cathode ordinaire. Ainsi une ampoule à une seule cathode peut laisser passer le courant quand les lignes de force magnétique passant par la cathode rencontrant le verre, et arrête ce courant quand ces lignes rencontrent une anode. Une pareille ampoule s'allume ou s'éteint par rotation dans le champ magnétique, suivant que l'un ou l'autre de ces deux cas est réalisé.

En résumé, *aux vides élevés, lorsque des charges négatives sont reliées (ou près de l'être) par des lignes de force magnétique, elles produisent une action de nature inconnue qui est mise en évidence par un abaissement extrême du potentiel explosif, et par la production de la lumière inter-cathodique.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de *Zoologie (Reptiles et Poissons)* vacante au Muséum d'Histoire naturelle par suite de l'admission à la retraite de M. *Vaillant*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. **Houard** adresse un Rapport sur les travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *fonds Bonaparte* en 1909.

MM. **A. Bellot**, **Bouly de Lesdain**, **Hippolyte Coste**, **G. Guilbert**, **de Martonne**, **de Segonsac** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Caisse des recherches scientifiques. Année 1909. *Rapport annuel*, par M. Paul Dislère.

2° *Savants du jour : Émile Picard. Biographie, Bibliographie analytique des écrits*, par Ernest Leron.

3° *Recherches sur l'ionisation produite par les rayons* α, par M. Marcel Moulin. (Présenté par M. E. Bouty.)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la variation dans le mouvement de la Lune.* Note de M. **Nicolau**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans ses *Researches in the Lunar Theory* (¹), après avoir traité les inégalités variationnelles de la Lune, Hill envisage le cas des satellites à « lunaison » plus grande. Dans le calcul de leurs trajectoires cependant une difficulté se présente et, dès que la valeur de m devient plus forte, il est obligé de recourir aux quadratures mécaniques. Cela tient à ce que, malgré leur convergence rapide, les développements des coordonnées de sa Lune idéale ne convergent que pour de très petites valeurs du paramètre m. En utilisant le paramètre p que M. Poincaré a introduit dans sa *Mécanique céleste* (t. II, 2ᵉ Partie, nº 327), j'ai trouvé des développements dont le cercle de convergence est plus étendu. Je pars de ces équations qui pour $p = m$ donnent les équations différentielles du mouvement de Hill. Ayant adopté les variables complexes $u = x + yi$, $s = x - yi$ et pris comme variable indépendante l'argument de Delaunay τ, j'applique à ces équations les opérateurs

$$o = \zeta \frac{d}{d\zeta} = -i \frac{d}{d\tau}, \qquad \text{avec} \qquad \zeta = e^{i\tau},$$

je les ramène à la forme des *équations imaginaires* et, en tenant compte de la solution de Hill

$$u = \sum a_i \zeta^{2i+1}, \qquad s = \sum a_{-i-1} \zeta^{2i+1} \qquad (|i| = o, 1, 2, \ldots, \infty),$$

j'obtiens les équations bilinéaires auxquelles satisfont les coefficients a; elles peuvent s'écrire sous la forme

$$a_0 a_j = \sum \frac{u_{ji}}{\Delta_j} a_i a_h + m^{|2j|} \sum \left(\varepsilon_j \frac{u_j}{\Delta_j} a_i a_{j-i-1} + \varepsilon_{-j} \frac{v_j}{\Delta_j} a_i a_{-j-i-1}\right),$$

avec $\varepsilon_{\pm j} = 1$ ou 2 suivant que $\pm j - 1 - 2i = o$ ou *non*, $h = i - j \neq o$; les fonctions $\frac{u_{ji}}{\Delta_j}$, $\frac{u_j}{\Delta_j}$, $\frac{v_j}{\Delta_j}$ étant respectivement celles que Hill désigne par $[j, i]$, $\frac{1}{m^2}[j]$, $\frac{1}{m^2}(j)$, avec p au lieu de m, et $\Delta_j = 8j^2 - 2 - 4p + p^2$.

(¹) *American Journal of Mathematics*, t. I.

Je définis ensuite les coefficients a_j sous la condition

$$|i|, \quad |h| \overset{=}{<} |j|.$$

Les équations précédentes donneront ainsi les inconnues toujours avec les mêmes ordres d'erreur que les équations employées par Hill, mais avec une approximation plus grande, car elles sont plus complètes ; il suffit d'ailleurs de trois approximations successives pour avoir $a_{\pm 1}$ avec une erreur de l'ordre de m^{4}. Alors, à la première approximation, les coefficients $a_{\pm 1}$ dont dépend la *variation* satisfont aux équations suivantes :

$$\begin{aligned} f_1 &= 0 = 2m^2 \frac{u_1}{\Delta_1} a_1 a_{-1} + m^2 \frac{v_1}{\Delta_1} a_{-1}^2 - a_1 + m^2 \frac{a_1}{\Delta_1} \\ f_{-1} &= 0 = 2m^2 \frac{v_{-1}}{\Delta_1} a_1 a_{-1} + m^2 \frac{u_{-1}}{\Delta_1} a_{-1}^2 - a_{-1} + m^2 \frac{v_{-1}}{\Delta_1} \end{aligned} \qquad (a_0 = 1).$$

Or, aux environs de $m = 0$, le théorème de Cauchy sur les fonctions implicites est ici applicable; les développements de $a_{\pm 1}$ définis par ces équations seront donc convergentes depuis $m = 0$ jusqu'à la valeur critique de m la plus petite. Pour toutes ces valeurs critiques, le déterminant fonctionnel de f_1, f_{-1} par rapport à a_1, a_{-1} est nul; et cette circonstance a lieu lorsque les deux solutions périodiques correspondant à $a_{\pm 1}$ se confondent en une seule, ou bien, en regardant a_1 et a_{-1} comme les coordonnées courantes d'un point du plan, lorsque les hyperboles $f_1 = 0$, $f_{-1} = 0$ deviennent tangentes. Je considère alors le discriminant $F(\lambda)$ de l'équation $f_1 + \lambda f_{-1} = 0$ qui définit les sécantes communes à ces deux coniques: j'exprime que le discriminant du hessien de F est *nul*, et, avec $p = m$, j'obtiens une équation du 20e degré en m; mais en regardant m et p comme indépendants l'un de l'autre, cette équation est de la forme

$$AM^2 + BM + C = 0.$$

où $M = m^4(38 + 28p + 9p^2)$ et A, B, C des polynomes entiers en p. Je fais ensuite varier p dans l'intervalle $(0, 1)$; je calcule de proche en proche une série de valeurs du module $|M|$, j'en déduis les valeurs correspondantes de $|m|$, et puisque les valeurs acceptables pour la convergence sont celles pour lesquelles on a

$$p < |m|,$$

je trouve que la valeur *critique* de m tombe entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{3}{5}$. Une limite supérieure encore acceptable est $m = \frac{13}{25} = p$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éclat du Soleil et la constante solaire.* Note de MM. **Edmond Bauer** et **Marcel Moulin**, présentée par M. H. Deslandres.

I. La température du corps noir dont l'éclat serait (pour le rayonnement total) le même que celui du Soleil et qui a été déterminée par M. Millochau au sommet du mont Blanc, conduit, comme l'a fait remarquer M. Deslandres, à une constante solaire trop petite, si l'on adopte, pour la constante de la loi de Stefan, la valeur déterminée par M. Kurlbaum, ou à une valeur beaucoup trop grande de cette dernière constante si l'on adopte pour la constante solaire la valeur expérimentale.

A priori, ce résultat peut sembler surprenant, étant donné que le télescope Féry employé et les actinomètres mesurent l'énergie du rayonnement total du Soleil et que leurs indications sont liées par une relation purement géométrique.

On a en effet, pour la constante solaire A,

$$A = \sigma T^4 \tang^2 \frac{\varphi}{2},$$

σ étant la constante de la loi de Stefan et φ le diamètre apparent du Soleil. On peut remarquer que si les deux mesures sont faites au même instant, cette relation est indépendante de l'absorption atmosphérique.

II. Nous avons pensé qu'on pourrait déterminer la constante σ en pointant sur le Soleil le télescope Féry que nous avions étalonné sur un corps noir à 1064° (fusion de l'or) et en mesurant en même temps l'énergie à l'aide d'un actinomètre absolu, tel que le pyrhéliomètre d'Angström.

Cette méthode nous semblait devoir être particulièrement commode, parce que l'énergie reçue par l'appareil absolu est assez grande pour qu'on n'ait pas besoin d'un galvanomètre très sensible et que, le maximum de l'énergie du spectre solaire étant dans le visible, on pouvait admettre que le pouvoir absorbant des lames noircies était très voisin de l'unité (0,985, d'après Angström).

Nous avons pu disposer pendant quelque temps d'un appareil d'Angström que M. Deslandres avait bien voulu mettre à notre disposition et nous l'avons pointé sur le Soleil en même temps que le télescope.

Bien que nous ayons opéré par jours de beau temps (à Paris), les indications des deux appareils subissaient des variations assez notables qui nous ont empêchés d'obtenir la précision que nous aurions désirée. Il aurait été

indispensable, en effet, pour pouvoir calculer l'éclat moyen du Soleil, de mesurer cet éclat aux différents points de la surface solaire. Comme les variations signalées ci-dessus ne nous ont pas permis d'effectuer cette mesure, nous avons utilisé les courbes de variation de l'éclat solaire suivant un diamètre, qui ont été obtenues par W.-E. Wilson, par Abbott et par Véry. Une intégration simple nous a permis de connaître la correction à faire subir à l'éclat mesuré au centre du disque pour avoir l'éclat moyen. Cette correction est d'environ 15 pour 100.

Nous avons obtenu, en moyenne, pour le rapport de A à $T^4 \tang^2 \frac{\varphi}{2}$, T correspondant à peu près à l'éclat du centre du Soleil :

$$4,9.10^{-12}; \quad 5,1.10^{-12} \quad \text{et} \quad 5,0.10^{-12} \quad (\text{watts.cm}^{-2}.\text{sec}^{-1}),$$

et, toute correction faite, la valeur de σ serait

$$5,7.10^{-12}.$$

Ce résultat est bien du même ordre, aux erreurs d'expériences près, que les valeurs obtenues dans ces dernières années et qui oscillent entre

$$5,3.10^{-12} \quad \text{et} \quad 5,5.10^{-12};$$

il faut d'ailleurs remarquer que la valeur que nous venons de déduire de nos expériences est probablement un peu trop grande En effet, il nous était difficile, à cause des variations, de mesurer l'éclat exactement au centre et par suite la valeur de T introduite dans le calcul devait être un peu trop petite.

Malgré les variations observées, le résultat obtenu est assez bon pour qu'on puisse espérer déterminer, par cette méthode, la constante de la loi de Stefan avec une bonne précision, si l'on se place dans des conditions convenables. Nous espérons pouvoir reprendre ces mesures dans un Observatoire de montagne où les conditions atmosphériques seront beaucoup plus satisfaisantes qu'à Paris.

ASTRONOMIE. — *Résumé des observations physiques faites sur la comète de Halley.* Note de M. **J. Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

Ces observations se rapportent aux périodes de maxima de visibilité de la comète le matin et le soir; toutes, soit télescopiques, soit photographiques, ont été faites avec l'équatorial double Mailhat de 38cm d'ouverture de l'Observatoire Fabra.

La comète ne commença à être perceptible ici, à l'œil nu, qu'à partir du 15 avril.

La longueur visible de la queue dans les environs du périhélie a été de 50 millions de kilomètres.

Comme caractère constant, il faut citer la forme presque rectiligne de la queue, aspect qui peut tenir en grande partie à la circonstance que la Terre était relativement voisine du plan de la queue.

La comète a présenté des caractères dissemblables avant et après la conjonction inférieure avec le Soleil, sans que ceci veuille dire que cette conjonction ait influencé les changements d'aspect; ces changements ont eu sans doute pour origine, outre la variation de distance au Soleil, des phénomènes d'ordre physique du noyau et de ses enveloppes.

Les caractères principaux *avant la conjonction* ont été les suivants :

1° La queue fut généralement bifurquée. Photographiquement, elle était constituée par de longs et nombreux filaments, sans apparence claire de flocons ni de grandes déviations dans les filets. Ceci serait le résultat, à mon avis, de la plus grande intensité de la force répulsive solaire; comme on sait, pendant cette période la comète n'était pas très éloignée du périhélie. D'autre part, les deux parties de la queue ont été bien souvent divergentes dans les clichés.

2° Le diamètre de la partie photographiquement la plus brillante de la tête était relativement petite. En la mesurant sur les clichés, je trouve, à partir du 4 mai, des valeurs peu différentes de 110000^{km}. D'un autre côté, la tête a été presque toujours environnée d'enveloppes étendues, très faibles et presque toujours excentrées par rapport à l'axe de la queue. Cette dissymétrie est très frappante dans un cliché du 11 mai.

3° Le noyau a été assez brillant et son diamètre, d'ailleurs très difficile à mesurer micrométriquement par suite de la diffusion des bords, pouvait avoir 3500^{km} environ.

Caractères après la conjonction. — Le temps déplorable qu'on a eu ici après cette conjonction m'a interdit toute bonne observation jusqu'au 30 mai.

1° La queue n'a pas été bifurquée. Le 30 mai, elle avait l'aspect d'une sorte de pinceau de poils courts et très nombreux. A partir du 31 mai, il apparaît, dans les clichés, une aigrette qui se modifie de jour en jour, mais qui continue à être visible jusqu'à la fin de la série de photographies.

2° La partie plus brillante de la tête a grossi extrêmement. En effet, elle a été, pendant cette dernière période, de 160000^{km} à peu près. Les faibles enveloppes extérieures sont plus réduites qu'avant.

3° Le noyau est très petit. On dirait qu'il ne dépasse pas 1000^{km} de diamètre.

La grandeur maxima apparente de la tête a eu lieu, pour mes conditions d'observation, le 21 mai, jour où j'ai pu voir la comète un instant, dans

une éclaircie. Sa grandeur globale était quelque peu supérieure à la 1re grandeur.

On peut admettre que, la comète s'éloignant du Soleil, la force répulsive de celui-ci diminuait rapidement, d'où a pu résulter non seulement une notable diminution de la longueur de la queue, mais aussi le gonflement de la tête. Avec cette diminution de force répulsive, coïncide l'apparition des aigrettes centrales, des flocons ou masses caudales et des déviations des trajectoires des filets, déviations qui feraient même croire à l'existence de milieux très faiblement résistants dans l'espace. En comparant le cliché du 31 mai avec celui du 30 mai, il résulte que la vitesse moyenne de projection de ces matières, dans les deux premiers millions de kilomètres parcourus, fut au moins de 23^{km} par seconde.

J'ai signalé dans une Note antérieure [1] la formation d'une bouffée petite et brillante avec un filament qui la reliait au noyau, le 31 mai. Dans cette Note, j'ai parlé aussi de l'aspect remarquable de la queue qui offrait, ce jour-là, une grande projection à un million de kilomètres du noyau, aspect complètement différent de celui du 30 mai. Enfin, j'ai signalé l'apparition du noyau double le 2 juin, de même que l'apparition de plusieurs condensations, en mouvement rapide, le 4 juin.

Il est question, dans toutes ces apparences, d'une série d'émanations *phosphorescentes* qui semblent avoir commencé à se séparer du noyau le 31 mai, ce qui a coïncidé avec la formation de l'aigrette centrale déjà indiquée et le changement de la structure de la queue, jusqu'alors assez régulière. La soirée d'observation la plus importante fut celle du 4 juin.

Pour ne rien préjuger sur la nature de ces projections ou bouffées, je les appellerai *globes*.

Le globe le plus brillant avait un éclat total inférieur d'une magnitude et demie à celui du noyau. Les autres étaient assez pâles, mais d'observation facile, sauf un, indiqué comme douteux. Le 4 juin, je commençai l'observation à 8^h40^m, et au bout de 15 minutes, il était sensible, à vue d'œil, que ces globes se séparaient du noyau. Une série de mesures micrométriques du globe le plus brillant, par rapport au noyau principal, faite avec des fils de platine sur champ noir et par doubles distances, a donné :

	Distance.		Distance.
$8^h.45^m$	6",5	$10^h.5^m$	11",8
8.50	7,0	10.20	12,8
9.40	7,7	10.35	12,4
9.50	9,9	»	»

[1] *Voir* p. 1496 de ce Volume.

L'angle de position resta sensiblement constant et égal à 123°23′, ce qui correspond à la direction de la queue.

En combinant toutes les observations de distance, on trouve $4'',28$ par heure pour la vitesse moyenne avec laquelle ce globe s'éloigna du noyau de 8^h45^m à 10^h35^m; ce qui donne, pour la vitesse linéaire transversale, 527^m par seconde.

Ce globe, en lui supposant la même vitesse et la même trajectoire radiale, aurait été lancé par le noyau à 7^h32^m du même jour.

Tous ces globes paraissent *s'évanouir* à 25000^{km} environ du noyau; la diffusion de cette matière dans l'espace pourrait donner lieu peut-être à la formation d'aigrettes et de masses nuageuses de la queue.

J'ai eu plusieurs bonnes soirées depuis le 4 juin, mais, quoique il m'ait semblé souvent voir des jets et de faibles nébulosités difformes près du noyau, je n'ai pu apercevoir rien de semblable à ce que j'ai vu notamment le 4 juin. D'autre part, la clarté de la Lune a empêché de continuer l'étude photographique de la structure de la queue.

Quant au passage de la tête devant le Soleil, il n'a pas été observable : la pluie a tombé presque constamment le 18 mai, et les appareils météorologiques n'ont enregistré rien d'anormal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des systèmes complets.* Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Émile Picard.

1. Considérons un système complet rationnel donné

$$(S)\qquad o = L_k f \equiv \frac{\partial f}{\partial x_{p+k}} + \sum_{h=1}^{p} \lambda_{kh}(x_1, \ldots, x_n)\frac{\partial f}{\partial x_h} \qquad \begin{pmatrix} n = p+q \\ k = 1, 2, \ldots, q \end{pmatrix};$$

et soit (L) le groupe ponctuel de l'espace $(x_1, \ldots, x_n)$ qui laisse invariante chaque solution de (S). Nous appellerons *groupe caractéristique* de (S) le plus petit groupe ponctuel du même espace qui contienne (L) et dont les équations de définition soient rationnelles. Soit γ ce groupe : il laisse invariant le système (S). Remarquons que si (γ) se réduit à (L), p intégrales de (S), indépendantes, sont rationnelles; et (S) s'intègre rationnellement.

Si, dans les équations de définition de (γ), on remplace les q fonctions inconnues $x'_{p+1}, \ldots, x'_n$ par des constantes, il reste un système rationnel (σ) définissant les p autres fonctions inconnues $x'_1, \ldots, x'_p$. Ce système (σ) est automorphe, une de ses solutions est une solution principale de (S); et le groupe associé à (σ) est l'une des formes du *groupe de rationalité* de (S).

Ce groupe de rationalité indique, du reste, comment les caractéristiques de (S) s'échangent par les transformations de (γ).

2. Si le groupe (γ) est connu, la méthode d'intégration qui s'offre d'elle-même est la suivante. Soit (γ_1) un sous-groupe de (γ), contenant (L): ses équations de définition dépendent rationnellement de certaines fonctions de $x_1, \ldots, x_n$, qui satisfont à un système différentiel automorphe rationnel; une solution quelconque de ce système auxiliaire fournit un sous-groupe homologue de (γ_1), et qu'il n'y a aucun inconvénient à considérer comme (γ_1) lui-même. Si l'on adjoint cette solution au domaine de la rationalité primitif, on obtiendra donc une réduction du groupe caractéristique, qui deviendra (γ_1) ou un de ses sous-groupes. On opérera de même sur le nouveau groupe caractéristique, et ainsi de suite, jusqu'à arriver à (L) lui-même. A ce moment, l'intégration de (S) sera effectuée.

Dans cette méthode qu'on peut, du reste, préciser davantage, on détermine une solution de chacun des systèmes auxiliaires introduits. Imaginons, au contraire, qu'on les intègre complètement. On démontre que, d'une manière générale, si l'adjonction simultanée de toutes les solutions d'un système différentiel rationnel (définissant des fonctions des variables indépendantes $x_1, \ldots, x_n$) réduit le groupe (γ), elle le réduit à un de ses sous-groupes invariants.

Ce résultat essentiel conduit à prendre pour (γ_1) un sous-groupe invariant maximum de (γ), à opérer de même sur (γ_1), et ainsi de suite. Comme on peut faire en sorte de n'opérer que sur des groupes transitifs, le passage de (γ) à (γ_1) dépend, si l'on veut, de l'intégration d'un système complet à groupe de rationalité simple. Ce dernier problème est ainsi le problème d'intégration fondamental de cette théorie.

3. Le groupe (γ) est défini par certains invariants différentiels, qui satisfont, en particulier, aux équations obtenues en égalant à zéro les transformations infinitésimales $L_k f$, convenablement prolongées. En théorie, la détermination du groupe caractéristique d'un système (S) donné dépend donc de la recherche des intégrales rationnelles de certains systèmes complets rationnels. Observons que ces systèmes complets et ces intégrales ne sont pas quelconques.

4. Pour la définition et la réduction du groupe caractéristique, on peut substituer au groupe (L) un de ses sous-groupes (L') qui n'admette pas d'autres invariants d'ordre zéro que ceux de (L); par exemple le groupe fini, d'ordre q, qui est défini par les transformations infinitésimales $L_k f$. C'est ce que nous avions fait dans notre Note du 8 novembre 1909, pour le cas

$q = 1$. Le groupe caractéristique (γ') ainsi obtenu est un sous-groupe de (γ), mais échange de la même manière les caractéristiques du système (S).

Ce point de vue est utile, par exemple, dans l'application de la théorie aux systèmes d'équations différentielles ordinaires linéaires et, plus généralement, à ceux que nous avons nommés *systèmes de Lie*.

5. L'emploi des groupes caractéristiques permet de discuter les diverses théories formelles d'intégration; en particulier, la théorie classique de Lie pour l'intégration d'un système complet, quand on connaît des transformations infinitésimales qui laissent ce système invariant; et aussi les théories plus générales que Lie a esquissées, pour le cas où l'on connaît des invariants différentiels ou intégraux du groupe (L), ou des systèmes différentiels invariants par ce groupe.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés des fonctions de Green.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. P. Appell.

Soit g_E^A une fonction de Green, relative au problème de Dirichlet [1] (plan ou spatial) pour une équation du second ordre quelconque du type elliptique, ou encore la fonction analogue relative soit au problème qui régit l'équilibre des plaques élastiques encastrées, soit au problème spatial de même énoncé.

Lorsqu'on déforme la frontière (sans changer les points A, B), la variation infinitésimale de g est donnée par des formules que j'ai précédemment calculées [2].

Ces formules subsistent même lorsque A est confondu avec B, quoique (au moins dans le cas du problème de Dirichlet) g devienne alors infini; car g se compose d'une partie singulière $\left(\log\frac{1}{r}, \text{ ou } \frac{1}{r}, \text{ ou } r^2\log r, \text{ ou } r, \text{ suivant celui des problèmes précédemment énumérés auquel on a affaire}\right)$ indépendante du contour, et d'une partie régulière qui fournit seule la variation considérée.

---

(1) Le problème *hydrodynamique*, pour lequel les formules ont un aspect un peu différent, sera ici laissé de côté. Notons cependant que l'inégalité (2) y subsiste dès que $\alpha + \beta > 0$.

(2) *Comptes rendus*, 9 février 1903 et Mémoire sur le *Problème d'Analyse relatif à l'équilibre des plaques élastiques encastrées*, Chap. I (*Mémoires des Savants étrangers*, 1908).

Dans ces conditions, si la déformation est telle que le nouveau contour enveloppe partout l'ancien sans lui être nulle part intérieur, cette variation δg_A^A relative à deux points confondus est donnée par une intégrale portant sur un carré, de sorte qu'elle est essentiellement positive, soit

$$\delta g_A^A > 0. \tag{1}$$

Mais on peut aller plus loin.

Dérivons maintenant g tant par rapport aux coordonnées x, y du point A que par rapport aux coordonnées x', y' du point B, en supposant que la dérivation soit la même de part et d'autre, c'est-à-dire considérons l'expression

$$\frac{\partial^{2\alpha+2\beta}}{\partial x^\alpha \partial y^\beta \partial x'^\alpha \partial y'^\beta} g_B^A.$$

Si nous calculons la variation de cette quantité pour une déformation du contour (telle que l'ancien contour soit entièrement intérieur au nouveau) et que nous confondions encore les points B avec A, la variation en question sera, elle aussi, exprimée par une somme de carrés et, par conséquent, *sera toujours positive*, soit

$$\left(\delta \frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha \partial y^\beta \partial x'^\alpha \partial y'^\beta}\right)_A^A > 0; \tag{2}$$

autrement dit, en passant de déformations infiniment petites à des déformations finies qui en sont la superposition, *la quantité*

$$\left(\frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha \partial y^\beta \partial x'^\alpha \partial y'^\beta}\right)_A^A \tag{2'}$$

est plus petite pour un contour enveloppé que pour un contour enveloppant, quels que soient les exposants de différentiation α, β.

Cessons maintenant de supposer A et B confondus, et prenons d'autre part une dérivée qui ne contienne pas de la même manière les coordonnées de A et celles de B; pour simplifier l'écriture, bornons-nous à celles qui ne comportent que des dérivations par rapport aux coordonnées de A. Nous ne serons plus renseignés sur le signe de la variation d'une telle dérivée; mais, par contre, nous aurons une limite supérieure de la variation absolue de cette variation par l'inégalité de M. Schwarz [1], savoir

$$\left|\delta \frac{\partial^{\alpha+\beta} g_B^A}{\partial x^\alpha \partial y^\beta}\right| < \sqrt{\left(\delta \frac{\partial^{2\alpha+2\beta} g}{\partial x^\alpha \partial y^\beta \partial x'^\alpha \partial y'^\beta}\right)_A^A \delta g_B^B}, \tag{3}$$

---

[1] Voir le Mémoire cité des *Savants étrangers*, p. 30.

et cette inégalité a encore lieu lorsqu'on substitue à une déformation infiniment petite une déformation finie, pourvu que l'un des contours soit complètement intérieur à l'autre.

A titre de vérification, on peut envisager une équation aux dérivées partielles du second ordre qui, pour certains contours particuliers C, admette des solutions fondamentales U (solutions nulles en tout point de C). Le contour envisagé étant pris voisin de C, g_B^A sera sensiblement de la forme $\rho U_A U_B$ (où ρ est un facteur numérique très grand), ce qui entraîne visiblement les inégalités (1) et (3).

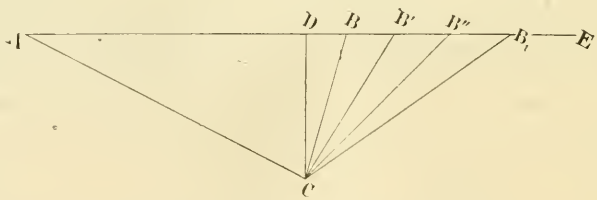
Dans le cas contraire, on peut par l'emploi de ces inégalités (en introduisant des contours auxiliaires suffisamment grands ou suffisamment petits), avoir des limites supérieures et inférieures des quantités telles que (2′) ou telles que $\frac{\partial^{\alpha+\beta} g}{\partial x^\alpha \partial y^\beta}$ (et non plus de leurs variations).

Ce dernier résultat peut s'obtenir, par des méthodes connues (théorème de Harnack), pour l'équation de Laplace : mais ces méthodes sont particulières à l'équation en question, tandis que les considérations qui précèdent s'appliquent à des équations aux dérivées partielles très générales.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur la façon de parcourir en aéronef un itinéraire rectiligne avec une dépense minima de travail total.* Note [1] de M. **Paul Renard**, présentée par M. H. Deslandres.

La *vitesse absolue* AB d'un aéronef (vitesse mesurée par rapport à la terre) est la résultante de la *vitesse du vent* AC et de la *vitesse propre* CB (vitesse de l'appareil en air calme).

Fig. 1.

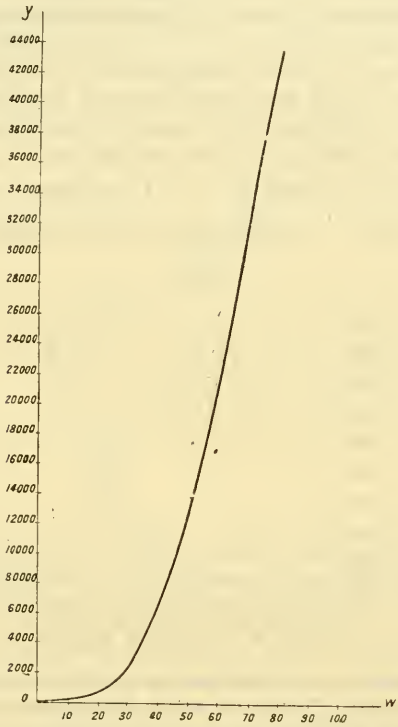


Si l'on abaisse du point C (*fig.* 1) une perpendiculaire CD sur la direc-

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

tion AB, j'appelle les longueurs AD *composante effective* de la vitesse du vent, et DB composante effective de la vitesse propre; j'appelle la longueur DC *composante déviatrice* de la vitesse du vent, et la longueur égale

Fig. 2.



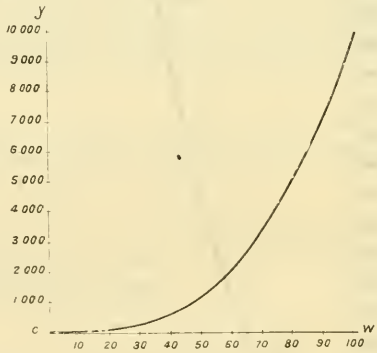
et de sens contraire CD *composante rectificatrice* de la vitesse propre; il est évident que la vitesse absolue est égale à la somme algébrique des deux composantes effectives.

Si CB_1 est la vitesse propre maxima que puisse prendre le navire aérien; si d'autre part on connaît la grandeur AC, vitesse du vent, et BAC l'angle de la direction du vent avec le chemin à parcourir, il sera possible à l'aéro-

nef de suivre la ligne droite AE avec des valeurs et des orientations différentes de la vitesse propre. Ces valeurs auront pour minimum et pour maximum CD égal en valeur absolue à la composante déviatrice du vent, et CB_1 maximum de la vitesse possible en air calme. Cette vitesse devra toujours être dirigée dans l'intérieur de l'angle DCB_1, sa valeur étant toujours égale à la distance du point C à l'intersection B de sa direction et de celle du chemin à parcourir.

Le travail par unité de temps est une fonction de la vitesse propre CB, cette fonction est variable pour chaque aéronef. Théoriquement, si l'on désigne par W la vitesse propre, le travail correspondant est, pour un aérostat dirigeable, égal à μW^3; pour un aéroplane, ce travail est donné par une expression de la forme $\frac{\lambda}{W} + \mu W^3$. Les figures 2 et 3 représentent la forme de la courbe du travail horaire pour les dirigeables et pour les aéroplanes.

Fig. 3.

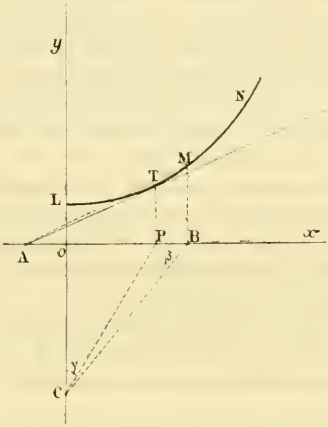


La dépense totale de travail est égale au produit de la dépense horaire par la durée du voyage. C'est ce produit qu'il s'agit de rendre minimum. Mais cette durée est elle-même égale au quotient du chemin total à parcourir par la vitesse absolue. Le chemin à parcourir étant une des données de la question, il s'agit de rendre minimum le quotient du travail horaire par la vitesse absolue. La solution analytique du problème peut être assez compliquée, mais on peut en donner une solution graphique, indiquée figure 4.

Traçons deux axes de coordonnées rectangulaires. Sur l'axe vertical, à partir du point O, portons une longueur OC égale à la composante déviatrice du vent; à partir du point C menons une oblique qui coupe en B l'axe

horizontal; supposons que la longueur CB représente en grandeur et en direction la vitesse propre. Par le point P élevons une ordonnée, sur laquelle nous portons une longueur BM égale au travail horaire correspondant à la vitesse propre CB. Le lieu des points M sera une certaine courbe LMN, facile à construire d'après les figures 2 ou 3. L'ordonnée MB est en effet égale à celle de la figure 2, par exemple, pour un point dont l'abscisse serait égale à la longueur oblique CB de la figure 4. Si sur l'axe horizontal,

Fig. 4.



à partir du point O et en sens inverse, nous portons une longueur OA égale à la composante effective du vent, comme OB est égale à la composante effective de la vitesse propre, la longueur AB sera égale à la vitesse absolue. Nous cherchons le minimum de $\frac{MB}{AB}$, pour l'obtenir; il suffira de mener du point A une tangente AT à la courbe LMN; si du point de contact T on abaisse une perpendiculaire TP, elle aura une longueur proportionnelle au travail horaire. En joignant CP, on aura en direction et en grandeur la vitesse propre correspondant au minimum de dépense cherché, et AP sera égal à la vitesse absolue correspondante.

On peut préparer d'avance des abaques sur lesquels seraient tracées des courbes correspondant, pour un aéronef donné, à différentes valeurs de la composante déviatrice. Avec un semblable abaque et un double-décimètre, on pourrait en quelques instants résoudre le problème.

ÉLECTRICITÉ. — *Une action à distance sur le cohéreur, produite par les contacts métalliques.* Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. Lippmann.

1. J'ai réussi à augmenter considérablement la sensibilité *aux faibles étincelles* du cohéreur à limaille (Ag ou Ni) en le disposant de la manière suivante :

Le dispositif classique du cohéreur (composé d'un circuit comprenant le cohéreur et un relais sensible et d'un second circuit que le relais fermait et lequel faisait fonctionner le frappeur) est placé sur un support bien isolé, et le cohéreur est muni, à une de ses extrémités, d'une antenne d'une longueur de 1^{m} environ. Au lieu de mettre l'autre extrémité du cohéreur à terre, comme d'habitude, on la met en contact avec l'un des pôles du courant alternatif dont l'autre pôle est à terre.

Avec ce dispositif, on pouvait démontrer qu'en employant une simple tige métallique pour antenne d'émetteur sur laquelle jaillissait une faible étincelle, la distance maximum d'action était de 2^{mm} *lorsqu'on mettait le cohéreur à terre comme d'habitude, et que cette distance maximum s'élevait à* 1200^{mm} *lorsqu'on employait le montage au-dessus décrit* [1].

En remplaçant de nouveau le pôle du courant alternatif par une prise de terre, la distance maximum d'action retombe brusquement à la valeur de 5^{mm}, et peu à peu elle s'abaisse à sa valeur initiale.

La longueur de la tige servant d'antenne était de 1^{m}. L'étincelle, dont la longueur était de 1^{mm} à $1^{mm},5$, provenait d'une petite tige en ambre frottée. Comme distance maximum d'action, on a considéré une distance à laquelle l'action pouvait encore provoquer la cohération de la limaille dans une mesure telle, que le déplacement de l'aiguille du relais était suffisamment fort pour pouvoir fermer le second circuit. Pour obtenir les valeurs de distances maxima, on a fait vingt expériences, dont on a pris la valeur moyenne.

Comme courant alternatif on se servait de celui du secteur de la ville, à 110 volts et 42 périodes, ou bien du courant provenant d'un petit commutateur à fréquence variable.

On s'est assuré que l'augmentation de sensibilité du cohéreur ne devait rien au changement de capacité ou de self-induction du circuit du cohéreur et non plus à

---

[1] Fisch (*Journ. de Phys.*, 1904, p. 350) a déjà observé que la modification de la conductibilité produite par le courant alternatif est plus profonde à force électromotrice efficace égale à celle produite par le courant continu ; observation qui n'a rien de commun avec ce qui vient d'être décrit.

l'augmentation des nombres d'antennes, quoique cela pourrait résulter de la communication du circuit récepteur avec les fils de l'éclairage.

II. Ce dispositif est capable de déceler qu'il se produit une action quelconque à distance, lorsqu'on établit un contact entre une pièce métallique isolée et une autre pièce du même métal ou d'une autre espèce de métal.

On observe aisément ce phénomène en touchant avec un morceau de métal tenu en main à une tige métallique (servant en même temps d'antenne transmettrice) fixée sur un support en ébonite placée à une distance de 5^{cm}-150^{cm} de l'antenne réceptrice.

Je me suis assuré que cette action ne provient ni des vibrations sonores, ni de l'électricité de contact, ni des actions thermoélectriques, ni de la charge provenant de l'électricité atmosphérique et ni des impulsions du courant alternatif transmises à l'antenne émettrice par le corps de l'expérimentateur ou par un conducteur quelconque.

1° La distance maximum d'action a des valeurs les plus élevées lorsque la longueur de l'antenne réceptrice est à peu près identique à celle de l'antenne transmettrice isolée formée par la tige touchée, toutes choses égales d'ailleurs.

2° On trouve par tâtonnement des rapports favorables entre la capacité et self-induction de système de réception et celles de systèmes de transmission.

3° On obtient aussi un facteur favorable lorsque la capacité du système du métal effectuant le contact émetteur d'ondes est très grande par rapport à celle de l'antenne transmettrice.

4° Le contact, lorsqu'il est établi sur l'extrémité supérieure de l'antenne émettrice, est le plus actif.

5° La façon dont on établit le contact est de première importance; des contacts aussi fins et à surface aussi limitée que possible sont nécessaires; les contacts, très brusquement établis où les surfaces de contact sont écrasées et par conséquent grandes, restent sans *aucune* action. C'est ce qu'on peut démontrer au moyen d'une bille d'acier suspendue à un fil de cuivre très fin relié à terre et frappant fortement une masse d'acier (à surface bien polie) reliée à l'antenne émettrice et, enfin, rebondissant.

6° Mais, si au contraire ces mouvements deviennent très légers et vont s'amortissant : l'action à distance se produit. L'action se produit aussi lorsqu'on touche avec une lime d'acier à un fil métallique très fin soudé à l'antenne émettrice. On remarque que *les contacts très légers dits microphoniques* (*identiques à ceux des cohéreurs*) *agissent le mieux.*

7° La distance limite d'action est différente pour les métaux différents [1]. Le contact

---

[1] Ketterer a démontré (*Journal de Physique*, 1902, p. 589) que la nature des électrodes, entre lesquelles l'étincelle jaillit, influe considérablement sur l'action : phénomène qui peut avoir quelque analogie avec le fait ci-dessus exposé.

du fer avec le fer est plus actif que le contact laiton-laiton, et ce dernier est plus actif que le contact aluminium.

8° Je n'ai pas réussi à donner naissance aux ondes avec des corps conducteurs non métalliques (potasse, soude, acide sulfurique, sulfate de cuivre, oxyde de cuivre), pas plus qu'avec des diélectriques (verre, ébonite, ambre).

9° Des lames métalliques absorbent entièrement ces ondes; des lames de verre de la même épaisseur, beaucoup moins.

10° On peut également donner naissance aux ondes, au moyen d'une espèce d'induction : on introduit l'antenne émettrice dans un tube à faible diamètre entouré de quelques couches de fil fin isolé et ensuite on touche l'une des extrémités nues et libres de la bobine par une pièce métallique. A la même distance, cette bobine seule, sans antenne, reste sans action. On ne peut pas non plus avoir d'action en mettant l'une des extrémités de la bobine à terre et en touchant l'antenne, quoique cette dernière soit complètement isolée de la précédente.

Au lieu de la bobine, on peut employer aussi un tube en ébonite entouré d'un tube métallique; cependant ce dispositif est moins approprié aux expériences que le précédent.

En conclusion, nous pouvons établir que les métaux, lorsqu'on établit un contact entre eux, donnent naissance à une action à distance sur le cohéreur en présence du courant alternatif.

SPECTROSCOPIE. — *Prolongement des spectres de bandes des gaz carbonés dans le rouge extrême et l'infra-rouge.* Note de M. **F. Croze**, présentée par M. Lippmann.

Les différents spectres de bandes donnés par les gaz carbonés ont été distribués en trois groupes. Le premier, appelé spectre de Swan, a été attribué parfois aux hydrocarbures et plus généralement au carbone lui-même. Le second appartient aux composés oxygénés du carbone. Le troisième exige, pour se produire, la présence simultanée du carbone et de l'azote; c'est pourquoi on l'attribue généralement au cyanogène. Ces spectres dont la partie lumineuse a été observée au début même de l'analyse spectrale ont été explorés dans l'ultraviolet, par Liveing et Dewar, Deslandres, Eder et Valenta. J'ai pu photographier le prolongement de deux d'entre eux dans le rouge extrême et la première région infra-rouge. Je me contenterai dans cette Note de donner un bref résumé des résultats obtenus, réservant pour un Mémoire plus étendu la discussion des problèmes qui se posent au sujet de la production de ces spectres et un relevé plus précis des longueurs d'onde.

Le spectre de l'oxyde de carbone comprend, dans la région lumineuse, quatorze bandes dégradées vers les courtes longueurs d'onde et dont les têtes sont distribuées suivant la loi de Deslandres. Coblentz (1906) a montré que ce spectre se continue jusque vers 6^{μ} et présente des maxima d'ailleurs peu marqués entre $0^{\mu},7$ et 1^{μ}. En procédant comme je l'ai indiqué pour l'azote, j'ai pu retrouver plusieurs bandes de même structure que les bandes anciennes et dont les têtes correspondant aux longueurs d'onde

722,5, 747,2, 792,5, 836,8, 881

occupent très approximativement la place qui leur est dévolue d'après la loi de distribution.

On sait que le spectre attribué au cyanogène comprend deux groupes de bandes dont le premier, le plus connu, s'étend de λ 4607 jusque dans l'ultraviolet et a été retrouvé dans le spectre des comètes. Le second groupe moins réfrangible s'étendait, d'après le relevé de Thalen, entre λ 7102 et λ 5245. Il est composé dans cette région de 13 bandes dégradées vers les grandes longueurs d'onde et dont la distribution est très régulière.

Pour obtenir ce spectre je me suis servi d'un tube de Geissler contenant du cyanogène à la pression de 2^{mm} environ. Le gaz était d'ailleurs constamment renouvelé ; de cette façon j'ai pu éviter presque complètement la superposition aux bandes assez faibles du cyanogène des bandes de l'azote qui se produisaient très intenses dès que le cyanogène était décomposé par le passage du courant. En prolongeant les poses pendant 6 et 8 heures, j'ai pu photographier plusieurs bandes, dont les têtes correspondant aux longueurs d'onde

725,4 740,0 753,6 800,1 813,1

se rangent très facilement et avec une approximation suffisante suivant la même loi que les bandes anciennement connues. Plus loin, dans l'infra-rouge, le spectre se prolonge par une bande continue très faible où il m'a été jusqu'à présent impossible de distinguer une arête.

Le spectre de Swan comprend dans la région lumineuse cinq groupes de bandes distribuées régulièrement entre λ 6188,7 et λ 4365,01 et dégradées vers les courtes longueurs d'onde. Récemment (1908), Bergmann a, par une méthode phosphorographique, obtenu dans l'arc au charbon toute une série de bandes comprises entre λ $640^{\mu\mu}$ et λ $1^{\mu},400$, dont la structure rappelle celle des bandes de Swan mais qui sont dégradées vers les grandes longueurs d'onde. Je les ai obtenues également dans l'air et dans les tubes à vide.

SPECTROSCOPIE. — *Sur quelques propriétés électriques et spectroscopiques de l'arc entre métaux.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. Lippmann.

Au cours d'études spectroscopiques entreprises depuis plusieurs années, nous avons employé, d'une façon constante, l'arc entre tiges de fer. A propos de ces expériences, nous avons fait à son sujet un certain nombre d'observations, dont quelques-unes ont déjà été l'objet de publications. Nous nous proposons de décrire quelques faits nouveaux, susceptibles d'étendre nos connaissances sur la théorie de l'arc.

Rappelons que l'arc entre électrodes métalliques émet non seulement les raies connues sous le nom de *raies d'arc*, émises par la région centrale, mais encore les *raies d'étincelle*, localisées sur deux petits points, aux extrémités des électrodes, qui servent en quelque sorte de racines aux deux flammes de l'arc. D'autre part, l'arc entre tiges de fer peut exister sous deux régimes. Dans l'un (premier régime), qui, à la pression atmosphérique, est le plus ordinaire et se produit toutes les fois que le courant dépasse 2 ou 3 ampères, les raies d'étincelle sont présentes aux deux pôles. Dans l'autre (second régime), les raies d'étincelle disparaissent au pôle positif; la différence de potentiel entre les électrodes est, dans ce cas, plus élevée, d'environ une dizaine de volts. Le changement d'aspect porte uniquement sur l'anode; le rôle fondamental de la cathode dans le phénomène d'arc s'affirme par l'invariabilité de son aspect dans les deux régimes.

Un examen plus attentif du spectre émis par la région immédiatement voisine de l'anode nous a montré que la disparition du spectre d'étincelle du fer est accompagnée de l'apparition du spectre de bandes de l'azote. Il y a passage brusque de l'un à l'autre régime, l'un des spectres se substituant instantanément et sans mélange à l'autre, à l'instant précis où le voltmètre indique le changement de régime. Les différents groupes de bandes sont émis diversement. Le plus important est le deuxième groupe, qui forme une série de bandes dans le violet et l'ultraviolet. Ces bandes ne sont émises que par une très petite tache placée sur la goutte de fer fondu de l'anode, là où étaient émises les raies d'étincelle. L'épaisseur de cette couche d'émission n'atteint pas $0^{mm},1$. Le troisième groupe, attribué non à l'azote, mais à un de ses oxydes, et formé de bandes dans la région 2400, est émis par des sortes de flammes qui partent de l'anode et s'étendent dans presque toute la longueur de l'arc. La bande de la vapeur d'eau (3062) apparaît en même temps avec un aspect analogue.

Nous avons étudié ces phénomènes à des pressions inférieures à la pression atmosphérique, jusqu'à 1^{mm} environ. La production de l'arc sous faible pression entre métaux peu volatils présente quelques difficultés; on obtient un régime bien stable à la condition qu'une goutte d'oxyde existe sur l'électrode négative.

Dans l'air sous pression réduite, on retrouve les deux régimes, mais le second s'obtient de plus en plus facilement, à mesure que la pression s'abaisse. On observe les mêmes particularités spectroscopiques qu'à l'air libre. La région voisine de l'anode qui, dans le deuxième régime, émet le second groupe de bandes de l'azote devient de plus en plus étendue. Sous faible pression, cette région d'émission prend des aspects remarquables. A la pression de 1^{mm}, elle forme sur l'anode une sphère lumineuse, régulière et à contour net, dont le diamètre atteint 2^{mm} à 3^{mm}. Lorsque la pression augmente quelque peu, le diamètre de cette boule diminue, puis elle se divise en plusieurs autres, de plus en plus nombreuses et de plus en plus petites, qui se répartissent régulièrement en quinconces sur la surface de l'anode. Le phénomène peut se continuer ainsi jusqu'à des pressions de plusieurs centimètres, donnant alors une cinquantaine de petites boules parfaitement nettes et régulières, symétriquement disposées sur l'anode. Ces diverses boules semblent exercer de fortes actions répulsives les unes sur les autres; si l'une vient à disparaître, l'ensemble éprouve un déplacement d'équilibre et se groupe d'une nouvelle manière. On est presque inévitablement conduit à cette idée que chacune de ces sphères possède une charge électrique, à laquelle sont dues leurs actions réciproques.

On peut, d'ailleurs, avoir un autre aspect des régions qui émettent le spectre de l'azote : partant de la sphère lumineuse unique (pression de 1^{mm} par exemple), si l'on écarte les électrodes, il arrive généralement un moment où la sphère lumineuse semble se briser et est remplacée par une couche lumineuse uniforme sur l'anode, comme si son contenu s'était subitement répandu. La gaine ainsi formée a un contour flou, et se mélange à la lumière verdâtre voisine, qui émet le spectre d'arc du fer. Ses dimensions, tant en largeur qu'en épaisseur, diminuent lorsque la pression s'élève, pour arriver, sous la pression atmosphérique, à la tache extrêmement petite dont on a parlé plus haut.

Les mêmes particularités s'observent avec d'autres métaux que le fer (nickel, cuivre, laiton).

Le second groupe de bandes de l'azote émis par l'arc, soit à la pression atmosphérique soit sous pression réduite, diffère par plusieurs points du spectre émis par les tubes à azote raréfié rendus lumineux par la décharge d'une bobine.

Prenons comme exemple la région 3330. On y trouve les têtes de bandes 3371, 3338, 3309, 3282, 3267. Dans le spectre du tube, la première est la plus intense, mais les autres sont encore bien visibles. Dans le spectre d'arc, quelle que soit la pression,

les raies qui partent de la première tête sont tellement prédominantes, que les autres sont à peine visibles. Une différence encore plus frappante entre les deux spectres consiste en ce que la décroissance d'intensité des raies partant de la première tête est beaucoup moins rapide dans le spectre de l'arc que dans celui du tube. Dans le cas de l'arc, cette suite de raies traverse le groupe entier des cinq bandes, et l'on peut, dans chacune des séries qui compose la bande, compter environ 70 raies.

Enfin, les intensités relatives des diverses séries partant d'une même tête sont très différentes dans les deux cas. Certaines séries qui, dans le cas du tube, sont très faibles et à peine mesurables, sont très intenses dans le spectre de l'arc.

Les différences entre les deux spectres ne sont pas dues à la variation de pression : les deux spectres de l'arc, l'un à la pression atmosphérique, l'autre sous une pression de quelques millimètres, paraissent absolument identiques; c'est donc à la différence dans les conditions électriques qu'il faut attribuer la variation du spectre entre l'arc et le tube.

Remarquons, en terminant, que l'arc électrique se distingue des autres sous forme de décharges par le rôle particulier de la cathode, qui, grâce à sa température élevée, est le siège d'une abondante émission de charges électriques négatives. Ce qui précède montre cependant que, dans la région anodique, se produisent aussi des phénomènes particuliers. Il est probable qu'au voisinage de l'anode sont engendrés des ions positifs dont le bombardement maintient la température élevée de la cathode. A cette particularité de l'état électrique de cette région correspond une émission spéciale : raies d'étincelles ou bandes de l'azote suivant que l'ionisation a lieu aux dépens de la vapeur métallique ou du gaz ambiant.

OPTIQUE. — *Interféromètre à faisceaux lumineux superposés inverses donnant en lumière blanche polarisée une frange centrale étroite à teinte sensible et des franges colorées étroites à intervalles blancs.* Note [1] de M. G. Sagnac, présentée par M. G. Lippmann.

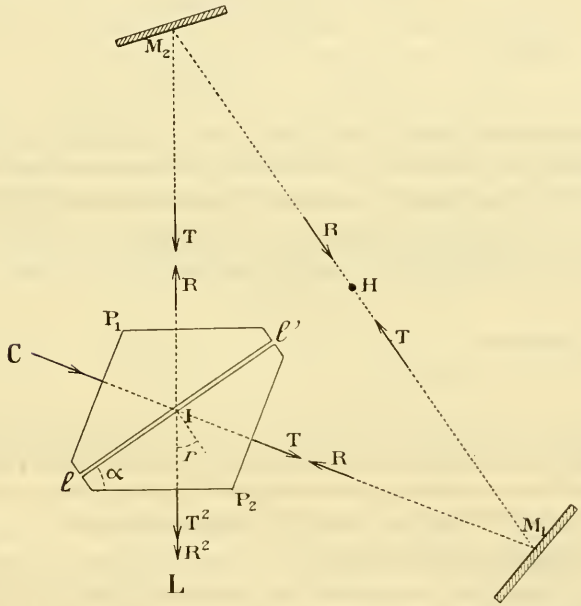
J'ai combiné il y a 2 ans et éprouvé au cours de longues observations une nouvelle méthode interférentielle capable de manifester une très petite différence relative entre les vitesses de propagation de deux systèmes d'ondes lumineuses de parcours inverses.

1. *Dispositif.* — Deux prismes triangulaires isoscèles P_1, P_2 (*fig.* 1), taillés dans le même verre ($n = 1,514$ pour la radiation $\lambda_s = 0^{\mu},56$) avec

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

des angles α identiques à quelques secondes près, sont rapprochés par leurs faces l, l' et orientés parallèlement de manière à former un prisme rhombe.

La lame d'air ll' comprise entre les faces parallèles adjacentes de verre nu des deux prismes P_1, P_2, joue, avec avantage, le rôle de l'argenture transparente du dispositif que j'ai antérieurement étudié (p. 1302 de ce Volume); au sortir du collimateur C, la lumière se divise sur la lame d'air en vibrations transmises (amplitude relative T) et vibrations réfléchies (amplitude R) qui se propagent en sens inverses le long d'un même circuit triangulaire IM_1M_2 (*fig.* 1) ou pentagonal plan.



La lunette L reçoit à la fois les vibrations T une seconde fois transmises par la lame d'air (amplitude T^2) et les vibrations R une seconde fois réfléchies par la même lame (amplitude R^2).

Un polariseur (non représenté sur la figure) définit une vibration de Fresnel perpendiculaire au plan du circuit.

II. *Propriétés générales.* — Réglé par la méthode déjà décrite, ce nouveau dispositif permet d'obtenir des franges, localisées ou non localisées (*loc. cit*).

Pour chaque radiation simple λ, les formules classiques d'Airy définissent les *intensités* relatives T^2 et R^2 des deux faisceaux inverses du circuit IM_1M_2; ce sont les *amplitudes* des vibrations interférentes.

Quand la vitesse ne dépend pas du sens de la propagation, le centre d'interférence correspond *rigoureusement* à la différence de marche nulle. Les vibrations interférentes ont en ce centre des phases *rigoureusement* opposées; l'amplitude d'une radiation λ quelconque y présente la valeur

$$L_0 = T^2 - R^2 = \frac{1 - \rho^2 \sin^2 u}{1 + \rho^2 \sin^2 u},$$

obtenue en posant

$$\rho = \frac{2a}{1 - a^2}, \qquad u = \frac{2\pi e \cos i}{\lambda},$$

e désigne l'épaisseur normale de la lame d'air; i est l'incidence intérieure sur les faces de cette lame; r est l'angle d'incidence extérieure sur la lame ll' (*fig.* 1); a désigne le coefficient de réflexion vitreuse $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$.

En un point du champ d'interférence où la différence de marche des deux faisceaux est δ, l'intensité d'une radiation quelconque λ a la valeur

$$L^2 = N^2 + B^2,$$

obtenue en posant

$$N = \sin \pi \frac{\delta}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad B = L_0 \cos \pi \frac{\delta}{\lambda}.$$

L'intensité N^2 définit un phénomène à centre *noir* qui devient pur quand L_0 disparaît, c'est-à-dire quand la valeur de $(\rho \sin u)$ est égale à l'unité. Si cette condition est réalisée pour une radiation jaune verdâtre, les interférences en lumière blanche présentent des teintes sensibles pures.

III. *Conditions particulières réalisées.* — En même temps que la condition précédente, pour la radiation jaune verdâtre ($\lambda_s = 0^{\mu},56$) j'ai réalisé les amplitudes T^2 et R^2 respectivement minimum et maximum. Les valeurs de ρ et $(\sin u)$ sont alors égales à 1.

Pour cela, je règle l'épaisseur de la lame d'air ll' de manière que le faisceau R du circuit présente, en lumière blanche, la teinte d'ordre K qui correspond au maximum de la radiation λ_s (teinte presque blanche pour $K = 2$, jaune verdâtre pour $K = 3$).

Maintenant la condition de pureté des teintes sensibles s'écrit

$$a_s = \sqrt{2} - 1 \qquad \text{ou} \qquad r_n = 34^\circ 26'.$$

J'ai réalisé cette valeur de r en donnant aux quatre angles α du double prisme $P_1 P_2$ une valeur un peu différente de r_n et en faisant tomber la lumière du collimateur sur une face latérale $l P_1$ du double prisme sous une petite incidence voisine de $n(r - \alpha)$, égale à 5′ environ.

IV. *Propriétés des franges observées. — En lumière monochromatique*, les franges sont noires et à centre noir pour le jaune verdâtre, sombres sans être rigoureusement noires pour le rouge et le violet; leurs milieux correspondent toujours *exactement* aux différences de marche $0, \lambda, 2\lambda, \ldots, m\lambda$, grâce aux propriétés rigoureuses de la réflexion purement vitreuse.

J'emploie ordinairement l'appareil en *lumière blanche* (filament de Nernst). J'observe alors des franges colorées et une frange centrale à teinte sensible, séparées les unes des autres par des *intervalles presque entièrement blancs*, larges d'environ les $\frac{5}{6}$ de l'interfrange à droite et à gauche de la frange centrale, des $\frac{2}{3}$ de l'interfrange en dehors de la première frange colorée (observations faites pour un ordre K d'interférence dans la lame d'air, égal à 3). Ces bandes blanches résultent de l'influence de l'intensité B^2 qui, nulle pour le jaune verdâtre, prend de l'importance dans le rouge et le violet et superpose alors à la teinte verte ou jaune de Newton que donneraient seules les intensités N^2, une couleur sensiblement complémentaire.

La frange centrale étroite est particulièrement propre aux pointés.

Les lisérés de teinte sensible sombre et pure qui occupent le milieu des franges latérales d'ordre un sont encore d'un pointé assez précis et j'ai pu mesurer leur intervalle à $\frac{1}{1000}$ près dans le cas de circuits de 30^m de longueur.

PHYSIQUE. — *Sur une méthode de mesure d'un champ magnétique en grandeur, direction et sens.* Note [1] de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. E. Guyou.

Considérons deux aimants mobiles autour d'un axe vertical passant par leurs milieux, placés dans un champ magnétique uniforme. Si leurs moments magnétiques sont égaux, la direction du champ bissecte l'angle des

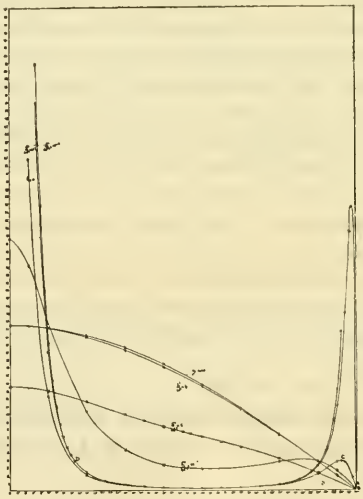
[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

axes magnétiques, par raison de symétrie. L'angle α que chacun des axes forme avec la direction du champ est alors donné par la formule

$$(1)\qquad \frac{H}{M} 8 l^3 = \cos\alpha \left[\frac{1}{\left(\frac{h^2}{4l^2} + \sin^2\alpha\right)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{\left(\frac{h^2}{4l^2} + \cos^2\alpha\right)^{\frac{3}{2}}} \right],$$

dans laquelle H représente l'intensité du champ, M le moment magnétique commun aux deux aimants, $2l$ leur distance polaire et h leur distance verticale. On obtient aisément cette équation, par exemple en exprimant que l'énergie potentielle de l'ensemble est minima pour l'angle α correspondant à l'équilibre. Cette formule correspond à des dispositifs pratiquement intéressants quand $\frac{h}{2l}$ est suffisamment petit et quand $\frac{h}{2l}$ est suffisamment grand.

Fig. 1.



Le calcul numérique de la fonction $\varphi(\alpha)$ qui figure au deuxième membre, effectué pour différentes valeurs du quotient $\frac{h}{2l}$, montre que :

1° Pour les petites valeurs de $\frac{h^2}{4l^2}$ (de 10^{-3} à 10^{-1} par exemple), la courbe $y = \varphi(\alpha)$ présente au voisinage de $\alpha = 50°$ un minimum très étalé ;

2° Pour les valeurs de $\frac{h^2}{4l^2}$ suffisamment grandes (supérieures à 4 par exemple), la courbe $y = \varphi(\alpha)$ se rapproche très vite, quand $\frac{h^2}{4l^2}$ augmente, d'une courbe sinusoïdale $y = A\cos\alpha$.

La figure 1 reproduit, à des échelles variées, les différentes courbes obtenues pour $\frac{h^2}{4l^2} = 0$, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1 et 4. Examinons séparément les deux cas précédents.

Premier cas. — *Appareil de variations.* — L'ordonnée y de la courbe $y = \varphi(\alpha)$ est proportionnelle à H; on a

$$y = \frac{H}{M} 8 l^3.$$

A cause du palier horizontal présenté par la courbe $y = \varphi(\alpha)$ quand $\frac{h^2}{4l^2}$ est suffisamment petit, une petite variation de H correspond à une grande variation de α au voisinage de $\alpha = 50°$. On peut aisément réaliser un appareil à miroirs avec lequel 1^{mm} de l'échelle placée à 2^m correspond à une variation relative de champ égale à 2.10^{-5}, le champ étant de l'ordre du champ terrestre. De plus, les indications de l'appareil, expérimenté avec plein succès sous une forme sommaire, sont très rapides grâce à la légèreté des équipages.

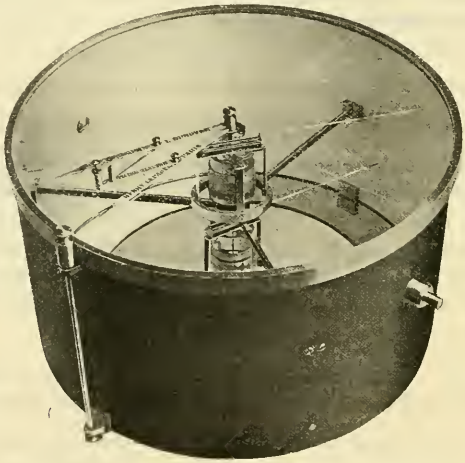
Deuxième cas. — *Dygographe.* — Les écarts relatifs du coefficient de proportionnalité A à sa valeur moyenne de 0° à 90° sont moindres que 0,12 pour $\frac{h}{2l} = 1$; 0,013 pour $\frac{h}{2l} = 2$; 0,003 pour $\frac{h}{2l} = 3$; 0,001 pour $\frac{h}{2l} = 4$. Le dygographe, construit pour l'usage maritime, et destiné à tracer des dygogrammes, est construit de manière que $\frac{h}{2l}$ soit voisin de 2 [1].

La figure 2 montre l'ensemble de l'appareil. On fixe sur le couvercle une feuille de papier ronde que dépassent les pointes de deux alidades formant deux côtés d'un losange articulé dont un sommet est au centre. On peut amener chaque alidade au-dessus d'une aiguille de verre solidaire d'un équipage et parallèle à son axe magnétique; une glace placée au fond de la

[1] Je crois devoir signaler que le dispositif, consistant en deux équipages magnétiques superposés et assez éloignés l'un de l'autre, a déjà été utilisé dans quelques appareils, fort différents d'ailleurs du dygographe (voir Bidlingmaier, *Deutsche Südpolar Expedition* 1901-1903, t. V, fasc. 1).

boîte permet de faire cette visée sans parallaxe. Le sommet du losange articulé opposé au centre porte un petit crayon inscripteur qui marque un point sur la feuille de papier. Le vecteur ayant pour origine le centre et pour extrémité ce point est évidemment équipollent au champ magnétique. En faisant faire au navire un tour d'horizon d'un mouvement continu, on trace ainsi un dygogramme elliptique, grâce auquel il est ensuite très rapide et simple soit d'effectuer la compensation, soit de calculer le tableau des déviations.

Fig. 2.



Bien que les moments magnétiques des équipages soient faibles, leur position d'équilibre est assurée avec précision par l'artifice suivant. Les équipages sont solidaires de petits flotteurs en verre, munis d'une chape, qui plongent dans du mercure. La poussée hydrostatique réduit la pression de la chape sur le pivot, immergé dans le mercure, à 1^g ou 2^g. La sensibilité d'un tel pivotage peut être rendue comparable à celle d'un fil de suspension [1].

L'appareil a déjà permis de relever un grand nombre de dygogrammes sur plusieurs navires.

---

[1] L'appareil a été construit avec beaucoup de diligence et de soin par la Société des établissements Henry-Lepaute.

PHYSIQUE. — *Sur la formation des dépôts cathodiques.* Note de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré, dans une Communication antérieure [1], que les éléments des projections cathodiques présentaient de grandes analogies avec les granules négatifs des métaux colloïdaux; en se plaçant à ce point de vue, on peut assimiler la métallisation des lames à la coagulation des colloïdes.

On sait que le dépôt cathodique peut se faire en toute région de la cloche à vide, sauf au voisinage immédiat de la cathode; les parois qui peuvent se métalliser sont donc celles qui possèdent une charge positive, permettant la neutralisation électrique des granules cathodiques. L'expérience suivante montre plus nettement encore la nécessité de cette condition :

Deux petites lames d'aluminium, supportées par des tiges métalliques isolées, sont placées, aussi symétriquement que possible, en face d'un disque argenté qui forme cathode; l'anode est reliée au sol, et l'on maintient une différence de potentiel entre les deux lames d'aluminium pendant la durée de l'opération ionoplastique. Dans ces conditions, on observe régulièrement que le dépôt cathodique s'effectue exclusivement sur la lame positive; son épaisseur est maximum aux points où la densité électrique positive est plus forte. L'expérience a été faite en permutant le sens des différences de potentiel, de façon à éliminer les défauts de symétrie; elle a donné des résultats parfaitement nets, les deux lames étant reliées : 1° à la cathode et à l'anode de la bobine d'induction; 2° aux deux bornes d'une canalisation de courant continue à 220 volts, dont le milieu est au sol; 3° aux deux bornes d'une canalisation de courant continu à 110 volts, dont le négatif est au sol.

Les rayons cathodiques, qui transportent des charges négatives, doivent s'opposer à la formation des dépôts dans la région qu'ils traversent: on sait, en effet, qu'il ne se produit pas de dépôt dans l'espace sombre, intérieur à l'auréole négative, où ces rayons se propagent librement. J'ai déjà indiqué antérieurement [2] que, si l'on canalise les rayons cathodiques émanés de la cathode projetante et si on les rejette sur le côté par un aimant, le dépôt est moins abondant aux points d'aboutissement de ces rayons; mais voici une autre vérification plus directe :

Une cloche à projections cathodiques porte latéralement un tube long et étroit, incliné à 45° sur son axe et muni d'une cathode terminale, d'une anode latérale et d'un diaphragme; ce dispositif permet d'envoyer sur le disque de verre, où se fait le dépôt,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1237.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1320.

un pinceau bien défini de rayons cathodiques produits par une source indépendante.

Le vide étant réalisé, on produit le pinceau cathodique, qu'on dirige avec un aimant de façon à obtenir une tache fluorescente au centre du disque; puis on procède, avec lenteur, pour ne pas trop diminuer le vide, aux projections cathodiques; la cathode projetante est recouverte de bismuth, métal qui se dépose avec une grande rapidité. Dans ces conditions, on obtient, au bout de 10 à 15 minutes, un dépôt très apparent, sauf au centre du disque. L'expérience a été réalisée en produisant les rayons cathodiques, soit avec une petite bobine indépendante de la grosse bobine qui sert aux projections, soit avec une machine de Holtz à quatre plateaux.

Cette expérience donne lieu à une remarque importante : le champ magnétique de la grosse bobine produit, à chaque interruption, une oscillation du pinceau cathodique et l'on constate que la région non métallisée forme une tache oblongue, ou plutôt deux taches voisines correspondant aux points d'arrivée des rayons. L'existence d'une tache au point d'aboutissement des rayons déviés montre que le dépôt de bismuth a refusé de s'effectuer en ce point, où les rayons cathodiques n'existent pas au moment de la projection : ces rayons ne peuvent donc agir qu'en supprimant les charges positives à leur point d'arrivée sur le disque de verre. Toutes les autres particularités des rayons cathodiques, entre autres celles qui ont été signalées par Longden et par M. Maurain, peuvent s'expliquer aussi aisément du point de vue que j'ai indiqué; l'analogie entre les granules et les éléments des projections cathodiques se trouve ainsi confirmée.

PHYSIQUE. — *Sur quelques particularités de l'arc au mercure dans le vide.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. P. Villard.

1° *Répartition de la chute de potentiel dans l'arc.* — L'arc employé dans ces recherches jaillit dans un ballon auquel sont soudés deux tubes contenant le mercure qui forme les électrodes; deux fils de platine C et D y pénètrent au voisinage des surfaces de l'anode A et de la cathode B; à l'aide d'un électromètre Kelvin-Mascart, on détermine les différences de potentiel (A, C), (C, D), (D, B), (A, B); pour un courant de 3 à 4 ampères on trouve en moyenne :

$$(A, C) = 10^{\text{volts}}, \qquad (C, D) = 11^{\text{volts}}, \qquad (D, B) = 1^{\text{volt}}, \qquad (A, B) = 22^{\text{volts}},$$

la longueur de l'arc entre les fils C et D étant environ 8^{cm}.

D'autres mesures effectuées en plaçant simplement un fil de platine P à

mi-distance entre l'anode A et la cathode B ont donné les résultats suivants pour un courant de 3,1 ampères :

Pression.	(A, B).	(A, P).	(P, B).	(A, P)-(P, B).
mm	volts	volts	volts	volts
0,008.....	25	16	9	7
0,015.....	25,3	16,3	9	7,3
0,128.....	30,0	19	11	8
4,0.....	40,3	26	14,3	11,7
5,5.....	48	31	17	14

en observant que la pression indiquée, mesurée à la jauge ou au manomètre, est certainement plus faible que celle qui existe dans l'arc.

De ces chiffres on déduit l'existence bien nette d'une chute de potentiel à l'anode, dont la valeur croît avec la pression: le long de l'arc lui-même existe une variation de potentiel de $\frac{11 \text{ volts}}{8} = 1,37$ v : cm, la chute cathodique étant très faible, si elle existe.

D'autres expériences, faites sur un arc à tube dont on pouvait faire varier la longueur en inclinant le tube, ont donné une variation de potentiel le long de l'arc de 1,2 v : cm, les conditions de fonctionnement étant d'ailleurs différentes de celles qui ont été étudiées plus haut.

Antérieurement, MM. Lecher et Luggui ont étudié la différence de potentiel P aux bornes de l'arc au mercure dans le vide, en fonction de la longueur L. De leurs mesures on déduit

$$P \text{ volts} = 14,2 + 0,69\,L,$$

formule qui, eu égard aux circonstances différentes de la production de l'arc dans leurs expériences et dans les miennes, n'est pas en désaccord avec les nombres ci-dessus.

Je rappellerai enfin que M. Marsh vient de mettre en évidence l'existence d'une chute anodique dans les tubes de Geissler.

2° *Existence d'une surpression à l'anode.* — Si l'on mesure la pression sur l'anode, à l'aide d'un tube soudé en bas de celle-ci et aboutissant par sa partie supérieure dans la chambre de condensation de l'arc, on constate une surpression variable avec la densité de courant, qui tient bien au phénomène électrique, car les variations de pression suivent instantanément celles du courant; le ménisque à l'anode étant aplati, elle ne peut tenir à un effet capillaire dont l'action serait inverse, une diminution de la constante capillaire correspondant à l'aplatissement du ménisque aurait pour résultat de

relever le niveau de l'anode. J'ai trouvé, pour cette surpression, les valeurs suivantes :

Section de l'anode ...	$0^{cm^2},48$		$0^{cm^2},58$		$1^{cm^2},28$	
	Courant.	Surpression.	Courant.	Surpression.	Courant.	Surpression.
	amp	mm	amp	mm	amp	mm
	» ...	»	2,0...	1,13	» ...	»
	2,5...	1,75	2,5...	1,49	2,5...	0,89
	3,0...	2,40	3,0...	2,06	3,0...	1,16
	» ...	»	3,5...	2,17	» ...	»
	4,0...	3,10	4,0...	2,24	4,0...	1,80

A la cathode, je n'ai pas observé de surpression stable; la surface de celle-ci est continuellement agitée et les observations sont rendues de ce fait extrêmement difficiles.

3° *Relation entre la surpression et la chute anodique* — Il est naturel de chercher à relier la surpression à la chute anodique; si l'on admet que les supports des charges positives émanées de l'anode sont des atomes de mercure ayant perdu un électron, analogues pour le mercure aux corpuscules α de l'hélium, on est amené aux considérations suivantes :

Sous l'action d'une différence de potentiel de 10 volts, ces porteurs de charges électriques prennent une vitesse qu'il est facile de calculer; en supposant qu'il s'agisse de mercurosum, la masse m de l'un d'eux est $1,61.10^{-24} \times 200 = 3,2.10^{-22}$; la charge q qu'il transporte est $1,55.10^{-20}$ U.E.M.; le travail de la force électrique lors d'une chute de potentiel P est Pq et, si aucun autre phénomène ne se produit, la force vive acquise est égale à ce travail

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = Pq;$$

si $P = 10$ volts $= 10^9$ U.E.M., on a

$$Pq = 1,55.10^{-11}, \qquad v = 3,1.10^5 \text{ cm-sec},$$

soit 3,1 km-sec.

Si l'on admet que la chute de potentiel est partiellement employée à séparer un électron d'un atome qui devient ainsi positif, la vitesse calculée serait égale à $2,9.10^5$ cm-sec.

D'autre part, l'anode doit subir une pression, tout comme une fusée d'artifice, et la quantité totale de mouvement fournie par seconde doit être égale à la force moyenne; le courant étant, par exemple, 4 ampères, c'est-à-dire transportant 0,4 U.E.M. par seconde, le nombre des porteurs lancés par seconde est $N = 0,258.10^{20}$, et la quantité de mouvement fournie, égale à la force sur l'anode, est, pour une vitesse de $3,1.10^5$,

$$NmV = 0,258.10^{20} \times 3,2.10^{-22} \times 3,1.10^5 = 2,6.10^3.$$

Si l'anode a $1^{cm^2}, 28$ de section, ceci correspond à $1^{mm}, 5$ de mercure. On ne peut pas ne pas être frappé du fait que ce nombre est voisin de $1^{mm}, 8$, surpression trouvée expérimentalement pour le tube de $1^{cm^2}, 28$ et le courant de 4 ampères. La mesure de la chute anodique a d'ailleurs été faite sur un tube de $1^{cm^2}, 13$ de section.

La chute anodique paraît donc en connexion intime avec la surpression, les porteurs électriques seraient lancés dans l'arc avec une vitesse voisine de 3^{km} à la seconde. Ces porteurs seraient distincts de la masse des centres lumineux, ainsi que le faisait pressentir l'action de la vapeur d'eau sur l'arc, indiquée dans ma Note du 6 juin; rencontrant dans la région de la décharge les atomes mercuriels, ils les rendraient lumineux en les ionisant vraisemblablement, suivant les idées de Campbell et leur communiqueraient en tout cas la vitesse révélée expérimentalement par les mesures spectroscopiques. L'action de la chute de potentiel le long de l'arc serait alors d'entretenir le mouvement de ces porteurs dont la vitesse moyenne doit peu varier, l'arc aux points de vue spectroscopique et électrique paraissant identique à lui-même sur toute sa longueur.

Je me propose de tenter des expériences analogues sur l'arc à anode de fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Températures de cristallisation des mélanges binaires.* Note de MM. **E. Baud** et **L. Gay**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1], l'un de nous a montré que la congélation d'un mélange de liquides normaux obéit approximativement à la loi de Raoult :

$$\Delta t = k \frac{p}{M},$$

même pour des solutions concentrées, à condition d'adopter, pour valeur de p, le poids de corps dissous dans un volume constant de solution (100^{cm^3}) mesuré à la température de cristallisation.

Cette règle est purement expérimentale.

Nous avons donc cherché à établir une relation moins empirique entre l'abaissement du point de congélation et la composition des mélanges binaires et s'appliquant à toutes les concentrations.

On sait qu'un liquide pur A cristallise quand sa tension de vapeur l est

---

[1] E. Baud, *Comptes rendus*, 28 février 1910.

égale à la tension s des cristaux, c'est-à-dire que la température de congélation T_1 est déterminée par le point de rencontre de la courbe de tension de vapeur du liquide et de la courbe de tension de vapeur des cristaux.

Ces courbes nous sont données par l'équation de Clapeyron.

Si nous dissolvons, dans le liquide A, un autre corps B, la tension de vapeur partielle l' due à A est abaissée et le point de rencontre de la nouvelle courbe de tension avec celle correspondant aux cristaux détermine le nouveau point de congélation T_2, en supposant que ce soit A seul qui cristallise.

Or, Linebarger [1], Zawidzki [2], Dolezalek [3] ont montré que, dans le cas d'un mélange de liquides normaux, ne réagissant pas l'un sur l'autre, la tension de vapeur partielle de l'un des liquides était proportionnelle à sa concentration moléculaire dans le mélange.

S'il y a x molécules de A et $1-x$ molécules de B et si nous appelons l la tension de vapeur de A pur et l' la tension partielle de A dans le mélange, on a

$$\frac{l'}{l} = x.$$

Pour le liquide A pur, l'équation de Clapeyron donne

$$d \operatorname{Log} l = \frac{E}{R} \frac{L}{T^2} dT$$

et pour le solide

$$d \operatorname{Log} s = \frac{E}{R} \frac{S}{T^2} dT;$$

L et S sont les chaleurs latentes de vaporisation du liquide pur et du solide.

En retranchant membre à membre, il vient

$$d \operatorname{Log} \frac{s}{l} = \frac{E}{R} \frac{S-L}{T^2} dT.$$

A la température de cristallisation du liquide pur, la différence $S-L$ représente la chaleur de fusion.

Posons

$$S - L = Q.$$

Pour intégrer l'équation différentielle ci-dessus, il faudrait savoir comment varie Q, en fonction de la température.

Supposons comme première approximation que cette quantité soit constante et inté-

---

(1) Linebarger, *Journal of american ch. Soc.*, t. XVII, 1895, n° 8.

(2) Zawidzki, *Zeitschrift für phys. Ch.*, t. XXXV, 1900, p. 129.

(3) Dolezalek, *Zeitschrift für phys. Ch.*, t. LXIV, 1908, p. 727.

grons entre T_1 et T_2

$$\left(\operatorname{Log}\frac{s}{l}\right)_{T_1} - \left(\operatorname{Log}\frac{s}{l}\right)_{T_2} = \frac{EQ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right).$$

A la température T_1,

$$s = l \quad \text{et} \quad \operatorname{Log}\frac{s}{l} = 0;$$

à la température T_2,

$$s = l' \quad \text{et} \quad \frac{s}{l} = x;$$

d'où

$$-\operatorname{Log} x = \frac{EQ}{RT_1}\,\frac{\Delta t}{T_2},$$

$$\Delta t = -k \log x\, T_2.$$

L'abaissement est proportionnel au logarithme de la concentration moléculaire du dissolvant et à la température absolue de cristallisation.

Pour une solution très étendue, l'équation précédente se confond avec celle de Raoult.

Lorsque la concentration du corps dissous augmente, x tend vers zéro et $\operatorname{Log} x$ vers $-\infty$, ce qui entraîne comme conséquence $T_2 = 0$. A mesure que la concentration en corps dissous augmente, le point de congélation tend vers le zéro absolu.

Nous avons vérifié cette équation pour les couples de liquides suivants :

$C^2H^4Cl^2 - C^6H^6$; $C^2H^4Br^2 - C^6H^6$; $C^6H^5CH^3 - C^2H^4Br^2$; Éther — $C^2H^4Br^2$.

Voici les résultats obtenus avec le chlorure d'éthylène et le benzène. Dans ces mélanges, c'est toujours le benzène seul qui cristallise.

Composition du mélange pour 1^{mol} totale.		Point de congélation.	Valeur de K.
$C^6H^6(x)$.	$C^2H^4Cl^2$.		
mol	mol	°	
0,959	0,041	+ 2,75	0,239
0,813	0,187	— 7,5	0,233
0,640	0,360	—22,0	0,232
0,627	0,373	—22,5	0,238
0,514	0,486	—32,3	0,234
0,423	0,577	—41,8	0,239
0,309	0,691	—53,1	0,226
		Théorie.....	0,233

Pour un mélange formé de $0^{mol},1365$ de bromure d'éthylène et de

$0^{mol},8635$ de toluène, la cristallisation a lieu à 76°, ce qui fait un abaissement du point de congélation du bromure d'éthylène de 85°. La constante K trouvée est 0,216, tandis que le calcul donne 0,219.

Puisque cette équation se vérifie, nous pouvons considérer comme justifiée la supposition que nous avions faite de la constance de la différence S — L.

Lorsque deux liquides obéiront à cette équation, nous pourrons en conclure qu'ils sont normaux et ne réagissent pas l'un sur l'autre et qu'ils suivent, par conséquent, la règle de Linebarger Zawidzki.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle; synthèse photochimique des composés quaternaires.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Les combustions minérales ou organiques rejettent dans l'atmosphère le carbone brûlé sous forme d'un gaz de déchet, impropre à la vie animale, l'anhydride carbonique. Ce carbone rentre dans la circulation organique, grâce à l'assimilation chlorophyllienne des plantes vertes à la lumière : fonction qui joue un rôle capital dans l'équilibre entre le règne minéral et le règne organique, mais dont le mécanisme n'avait pu être reproduit jusqu'ici.

Nous sommes arrivés à réaliser successivement les réactions fondamentales de l'assimilation chlorophyllienne, en l'absence de chlorophylle, à la température ordinaire, sous la simple influence de la lumière très riche en rayons chimiques émise par la lampe à vapeur de mercure.

Les réactions obtenues sont réversibles; mais les équilibres chimiques étant, en général, très prononcés dans un sens, l'analyse gazeuse ne met en évidence qu'un des côtés du phénomène : on manifeste l'autre en séparant l'un des produits de la réaction, le plus souvent à l'état solide, par précipitation ou par combinaison avec un autre corps.

C'est ainsi que nous avons facilement décomposé à froid des gaz variés : H^2S, AzH^3, SO^2, Az^2O, AzO, HCl, ..., en présence du mercure.

En ce qui concerne la synthèse des hydrates de carbone par la lumière

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

dans les parties vertes des végétaux, rappelons que M. Berthelot indiquait le mécanisme suivant : « Par le fait de la respiration végétale (chlorophyllienne), l'eau passe à l'état d'hydrogène et l'acide carbonique à l'état d'oxyde de carbone ; ces deux corps ainsi réduits agissent l'un sur l'autre à l'état naissant et engendrent les composés naturels. D'après cela, l'oxyde de carbone serait, dans la nature vivante, la source du carbone des matières organiques. Leur formation dans les végétaux par l'action de l'oxyde de carbone sur l'hydrogène naissant, c'est-à-dire en vertu de l'action réciproque des éléments carbone, hydrogène et oxygène, mis en présence à équivalents égaux (1)

$$CO + H^2 = CH^2O,$$

représente un phénomène comparable à celui que nous avons réalisé dans la décomposition par la chaleur du formiate de baryte qui met en présence ces mêmes éléments carbone, hydrogène et oxygène à équivalents égaux (2) :

$$C^2H^2BaO^4 = CO^3Ba + CH^2O. \text{ »}$$

L'auteur indique ensuite comment, par condensations successives, ce groupement CH^2O donne naissance aux hydrates de carbone : amidons et sucres.

La suite des réactions précédentes est précisément celle que nous avons réalisée par voie photochimique ; et nos expériences tout en montrant que la synthèse des hydrates de carbone est un phénomène physicochimique, que la lumière peut produire en dehors des plantes, éclairent divers points encore controversés du mécanisme de l'assimilation chlorophyllienne. Faute de place, nous ne pouvons en citer ici qu'un petit nombre.

I. Décomposition de l'anhydride carbonique en oxyde de carbone et oxygène, et action inverse. — 1° *Synthèse de l'anhydride carbonique.* — Mélange de

$$1^{cm^3},95\ CO + 0^{cm^3},63\ O^2.$$

Après 11 heures et demie d'exposition, à 1^{cm} de la lampe, il s'est formé $0^{cm^3},48\ CO^2$. Le tube, dans cette expérience et dans les suivantes, était placé parallèlement à la lampe verticale de 110 volts.

2° *Décomposition de l'anhydride carbonique.* — CO^2 seul montre une faible décomposition en CO et O^2. On la manifeste aisément en plaçant CO^2 en présence soit du phosphore (soustrait à l'action directe des rayons) qui absorbe O^2 en laissant CO,

(1) L'aldéhyde CH^2O s'écrivait, en effet, CHO dans la notation en équivalents.

(2) M. Berthelot, *Leçons sur les méthodes générales de synthèse*, 1864, p. 181.

soit de l'hydrogène qui se combine à l'oxyde de carbone pour donner l'aldéhyde formique et à l'oxygène pour donner l'eau. Le mélange $1^{cm^3},44\ CO^2 + 2^{cm^3},19\ H^2$, après 11 heures et demie d'exposition à $1^{cm},5$ de la lampe, a donné

$$1^{cm^3},30\ CO^2 + 2^{cm^3},05\ H^2 + 0^{cm^3},05\ CO$$

et des gouttelettes d'eau et d'aldéhyde formique solidifié, sans trace d'acide.

Deux expériences analogues ont donné des nombres voisins; avec une action plus prolongée (26 heures à 1^{cm}), la quantité d'aldéhyde et d'eau formée est plus grande.

II. Décomposition de la vapeur d'eau en oxygène et hydrogène, et action inverse. — 1° *Synthèse de la vapeur d'eau.* — Se produit facilement (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1328) au contact de l'oxygène avec l'hydrogène naissant dégagé de l'ammoniaque. Se réalise aussi avec les éléments libres, si l'action est suffisamment intense et prolongée : un mélange, $2^{cm^3},55\ H^2 + 0^{cm^3},47\ O^2$, après 13 heures et demie d'exposition à 1^{cm} de la lampe, était réduit à $1^{cm^3},63$, composé uniquement d'hydrogène; les parois du tube étaient couvertes de gouttelettes d'eau.

2° *Décomposition de la vapeur d'eau.* — Se manifeste en présence de CO; le gaz final est composé de CO^2, CO et H^2; l'eau contient, après quelques heures d'exposition, une notable quantité d'aldéhyde formique. Se manifeste aussi en présence du phosphore qui laisse H^2 libre et absorbe lentement tout l'oxygène.

III. Synthèse de l'aldéhyde formique par combinaison de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, et action inverse. Polymérisation de l'aldéhyde. — 1° *Synthèse de l'aldéhyde formique.* — Mélange $2^{cm^3},02\ CO + 1^{cm^3},78\ H^2$; après 13 heures et demie à $1^{cm},5$ de la lampe, ce volume est réduit à $1^{cm^3},65$ composé de CO et H^2. Le tube est couvert de gouttelettes solidifiées d'aldéhyde formique polymérisé, précipitant par l'azotate d'argent ammoniacal, sans trace d'acide.

Mélange $1^{cm^3},76\ CO + 1^{cm^3},29\ H^2$. Même exposition; volume final $1^{cm^3},18$ composé de CO et H^2. Il y a eu formation d'aldéhyde formique donnant un abondant précipité blanc avec le réactif de Tollens (eau d'aniline); aucune réaction acide.

2° *Décomposition de l'aldéhyde formique.* — L'aldéhyde se décompose en oxyde de carbone et hydrogène. Quand l'action est plus poussée et accompagnée d'échauffement, il se produit en plus de l'anhydride carbonique et du méthane.

Un fragment d'aldéhyde solide tricondensé (trioxyméthylène) est mis en présence de $1^{cm^3},50\ Az^2$. Après 13 heures et quart d'exposition à $2^{cm},5$ de la lampe, le volume est devenu $2^{cm^3},25$; on y trouve outre l'azote initial CO, H^2 (il y a toujours un léger déficit de CO par rapport à H^2), et un peu de CO^2 et CH^4.

Dans un autre essai, le trioxyméthylène en présence de $1^{cm^3},60\ H^2$ a été laissé 13 heures et quart à $0^{cm},5$ de la lampe. Volume final : $5^{cm^3},57$ composé de H^2, CO, CO^2 et CH^4.

IV. Synthèse des composés quaternaires; formation de l'amide formique par combinaison de l'oxyde de carbone et de l'ammoniaque. — Après la photosynthèse des aldéhydes et des acides (composés ternaires) nous avons réalisé celle des amides (composés quaternaires). Le plus simple, l'amide formique, $HCOAzH^2$ prend nais-

sance par l'union à volumes égaux de CO et AzH^3. Cette réaction vient à l'appui de l'idée exprimée plus haut sur le rôle de CO comme source du carbone végétal, et offre un grand intérêt au point de vue de l'origine des matières albuminoïdes dans les plantes, les procédés de synthèse ici employés paraissant analogues à ceux de la nature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques relations entre la constitution moléculaire et l'odeur.* Note de MM. G. **Austerweil** et G. **Cochin**, présentée par M. L. Maquenne.

On ne possède encore qu'un petit nombre de données vagues relativement à l'influence de la constitution chimique sur l'odeur. On sait, par exemple, que les éthers-sels éthyliques ont une odeur inférieure à celle des éthers méthyliques; il en est ainsi dans les éthers du β-naphtol et dans ceux de l'acide anthranilique. Semmler (¹) a fait la remarque qu'un alcool est généralement moins odorant que l'aldéhyde correspondante. Merling et Welde (²), en complétant les recherches de Tiemann, trouvèrent qu'aucune cétone ne sent la violette si elle n'est pas cyclique et si elle ne possède pas, à proximité du carbone portant la fonction cétonique, plusieurs groupes méthyliques.

On ne sait encore rien de précis sur la nature chimique des corps à odeur de rose; en vue d'élucider cette question, nous avons cherché à modifier régulièrement la molécule du citronellol, soit dans sa chaîne, soit dans sa fonction terminale.

Le citronellol (éb. 117°-118° sous 17^{mm}; $\alpha_D = -4°20'$) est un des principaux constituants de l'essence de rose; très dilué, il en présente l'odeur. Le 1-méthylcitronellol (³) offre la même odeur, plus prononcée encore, nuancée à peu près comme celle de la rose thé.

Le 1.1-diméthylcitronellol n'ayant pas encore été obtenu, nous l'avons préparé en oxydant le 1-méthylcitronellol, et en soumettant la cétone ainsi obtenue à la réaction de Grignard. Le diméthylcitronellol bout à 113°-116° sous 24^{mm}; $\alpha_D = -11°38'$. A forte dilution, il possède une odeur rosée et légèrement camphrée.

Le 1-éthylcitronellol (éb. 125°-130° sous 22^{mm}; $\alpha_D = -11°26'$), préparé par nous de la même façon que le dérivé méthylique, donne, soigneusement rectifié, une odeur de rose thé plus nette encore.

Le 1.1-diéthylcitronellol (éb. 119°-123° sous 20^{mm}; $\alpha_D = -13°25'$) a été obtenu par nous selon les mêmes procédés que le dérivé méthylique correspondant. Il ressemble au diméthylcitronellol, l'odeur rosée étant un peu plus prononcée.

(¹) Semmler. *Die ätherischen Öle*, t. I, p. 249-250.

(²) Merling et Welde, *Liebig's Annalen*, t. CCCLXVI, 1909, p. 119.

(³) Rupe, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XLI, 1907, p. 2813.

Le rendement qu'on obtient avec les dérivés éthyliques est supérieur au rendement des dérivés méthyliques : 50 pour 100 environ pour l'éthylcitronellol ; mais il est bien inférieur pour le diéthylcitronellol.

Parmi les autres composés alcooliques, nous avons préparé le 1-propylcitronellol (éb. 118°-122° sous 22^{mm}), et le 1-butylcitronellol (éb. 105°-108° sous 16^{mm}) dans lesquels, en même temps que la chaîne latérale s'allonge, l'odeur rosée s'affaiblit, sans toutefois disparaître complètement; au contraire, l'adjonction d'un groupe cyclique semble exalter l'odeur, ce que nous avons vérifié dans le 1-phénylcitronellol, obtenu selon les mêmes procédés avec un faible rendement (éb. 102°-104° sous 12^{mm}).

L'oxydation de la fonction alcoolique en fonction aldéhydique ou cétonique modifie profondément l'odeur de ces corps.

Nous voyons donc l'odeur rosée accompagner la fonction alcoolique; celle-ci peut être primaire, secondaire ou tertiaire, c'est-à-dire représentée par le groupement $-CH^2-CRROH$, où R peut être de l'hydrogène, ou un radical alkyle ou aryle.

En deuxième lieu, si l'on considère l'influence de la structure et de la grandeur de la chaîne carbonée jointe à ce groupement fonctionnel, on peut remarquer que le diméthylhepténol (1), dans lequel ce groupement fonctionnel est joint à 6^{at} de carbone, a une odeur agréable fruitée, mais non rosée. Semmler (2) a d'ailleurs déjà énoncé que l'odeur agréable n'apparaît que s'il y a au moins 8^{at} de carbone dans la chaîne.

On sait de même que les alcools saturés, en chaîne de 8^{at} et de 9^{at} de carbone, (alcools octylique et nonylique), n'ont pas d'odeur rosée; non plus que le 3-méthylnonanol (3) : $C^6H^{13}-\underset{\underset{CH^3}{|}}{CH}-CH^2-CH^2OH$, qui a une odeur graisseuse; ni le 3.7-diméthylnonanol (dihydrocitronellol) (4) qui a une odeur agréable, mais difficile à qualifier.

Ces deux derniers exemples démontrent que les chaînes saturées de la série grasse ayant une ou deux ramifications, placées identiquement aux ramifications du citronellol, ne suffisent pas pour provoquer l'odeur rosée. La présence d'une double liaison semble absolument nécessaire.

---

(1) Sand et Singer, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXXV, p. 3183. — Barbier, *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, p. 348.

(2) Semmler, *Loc. cit.*, t. I, p. 389 et 570.

(3) Bouveault et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, t. XXXI, p. 1208.

(4) Haller et Martine, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 1303. — Bouveault et Blanc, *Loc. cit.*

L'introduction d'un noyau cyclique ne paraît pas avoir d'influence; en effet, nous avons trouvé que ni l'alcool phényléthylique, ni l'alcool phényl-isopropylique (éb. 219°-221°), que nous avons préparé en soumettant l'aldéhyde phénylacétique à la réaction de Grignard, ni même le cyclo-citronellol, qui ne diffère du citronellol que par l'arrangement en chaîne cyclique des mêmes atomes, groupés d'ailleurs comme dans le citronellol ordinaire, ne présente aucune odeur rosée.

Nous nous proposons de voir si la présence d'une seule ramification dans la chaîne possédant une double liaison suffit pour obtenir cette odeur, ainsi que l'influence de la place qu'occupent les ramifications et les doubles liaisons dans la chaîne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aloïnose cristallisé; son identité avec l'arabinose-d.* Note de M. E. **Léger**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

Dans une Note récente (¹), j'ai décrit la préparation de ce sucre à l'aide de la barbaloïne.

Le procédé indiqué a l'inconvénient d'exiger un temps considérable; de plus, le sucre n'a pu être obtenu que sous forme de sirop, avec un rendement ne dépassant pas 11 pour 100.

En cherchant à préparer l'aloémodine par la méthode d'Œsterle (²), je fus amené à trouver un mode de préparation plus avantageux. Rappelons que la méthode en question consiste à chauffer, à reflux, la barbaloïne avec de l'alcool à 95° additionné de HCl. M. Œsterle seul, puis avec la collaboration de M. Riat (³), en pratiquant cette méthode, n'ont jamais pu obtenir le sucre d'aloïne.

En faisant intervenir le temps, le résultat est tout autre. En effet, une opération pratiquée avec 25^g de barbaloïne me donna, après 1 mois, $2^g,50$ d'un dépôt renfermant $1^g,15$ d'émodine. La solution abandonnée pendant 4 mois fournit un nouveau dépôt pesant $2^g,40$, contenant $2^g,10$ d'émodine. Pendant le sixième mois le liquide se troubla à peine. La netteté de cette formation de l'émodine me fit penser que le sucre devait prendre naissance simultanément dans la même réaction.

(¹) *Comptes rendus*, t. 150, p. 983.

(²) *Archiv der Pharm.*, 1889, p. 81.

(³) *Schweiz. Wochensch. für Chem. und Pharm.*, t. XLVII, p. 71.

En effet, des eaux mères de l'aloémodine je pus retirer, par un procédé dont la description serait trop longue pour trouver place ici, mais qui sera publié au *Bulletin de la Société chimique*, $4^g,60$ de sirop, ce qui porte le rendement de 11 à 18,40 pour 100.

Benzylphénylhydrazone de l'aloïnose. — Si l'on dissout, à chaud, le sirop dans l'alcool à 90° et qu'on ajoute à la solution un excès de benzylphénylhydrazine dissoute dans l'alcool absolu, il se forme un précipité poisseux qui se redissout au bain-marie. En frottant les parois de la capsule, la cristallisation s'amorce et le lendemain il y a prise du produit en une masse de cristaux. La benzylphénylhydrazone est purifiée par cristallisation dans l'alcool méthylique ; celui-ci la dissout bien à chaud et la laisse déposer par refroidissement en aiguilles ou lamelles allongées, brillantes, fort peu solubles dans l'alcool, presque insolubles dans l'eau, fusibles à 168°,8-169°,8 (corrigé).

Aloïnose cristallisé. — La benzylphénylhydrazone, chauffée à reflux avec de l'alcool à 40° et une petite quantité de formaldéhyde, se décompose, à la manière habituelle, en hydrazone de l'aldéhyde formique, laquelle se dépose sous forme d'huile lourde, et en aloïnose. Après séparation de l'hydrazone formique au moyen de l'éther, la solution aqueuse est évaporée dans le vide; elle fournit un sirop qui, repris par l'alcool absolu, donne une solution d'où le sucre cristallise spontanément en petits prismes incolores, allongés, microscopiques.

Les cristaux, essorés à la trompe, sont lavés à l'alcool méthylique pur et séchés sur SO^4H^2. Les eaux mères alcooliques, après concentration, donnent de nouveaux cristaux par amorçage; $7^g,50$ d'hydrazone m'ont donné, en tout, $1^g,75$ de sucre cristallisé.

L'aloïnose cristallisée fond à 154°,2-155°,2 (corrigé). Son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -101°,6$ pour $p = 1,586$ et $t = 16°$.

Ce sucre n'est pas un méthylpentose, comme je l'ai supposé jusqu'ici, mais bien un pentose. Son analyse a donné, en effet, $C = 39,27$; $H = 6,52$. Calculé pour $C^5H^{10}O^5$: $C = 40,00$; $H = 6,66$. Un méthylpentose exigerait $C = 43,90$.

L'aloïnose ne constitue pas, comme je le présumais, un sucre nouveau; il est identique à un sucre déjà connu, l'arabinose-*d*, dont il possède toutes les propriétés; c'est ce qui ressort de l'examen du Tableau suivant :

	Aloïnose.	Arabinose-*d*.
Point de fusion	154°,2-155°,2	159°
Pouvoir rotatoire	—101°,6	—105°
Point de fusion de la benzylphénylhydrazone	168°,8-169°,8	170°

Traité par HCl, l'orcine et l'éther, l'aloïnose cristallisé donne une coloration, non pas verte comme le produit amorphe, mais d'un beau bleu, comme les autres pentoses.

Dans la réaction d'Œsterle, poursuivie pendant 6 mois, l'aloémodine et l'arabinose-*d* ne sont pas les seuls produits qui prennent naissance; si, en effet, après avoir isolé le sucre du sirop à l'état d'hydrazone, on enlève l'excès d'hydrazine par l'éther, on obtient un nouveau sirop qui, avec l'acétate de phénylhydrazine ne donne que des traces d'osazone et qui est à peine réducteur.

J'ai pensé que ce dernier sirop devait renfermer un corps voisin des pentoses, car il donne la réaction de ces corps avec l'orcine et HCl, aussi énergiquement que le sirop primitif. Étant donnée la nature de la réaction utilisée, j'ai de suite songé à la formation probable d'un glucoside éthylique.

Si l'on chauffe avec SO^4H^2, à 2 pour 100, le sirop à peine réducteur, on obtient, après enlèvement de SO^4H^2 par le carbonate de baryum, une solution qui, évaporée, donne un sirop très réducteur, pouvant fournir une quantité importante de benzylphénylhydrazone.

Il résulte de ce qui précède que la barbaloïne est un glucoside de formule $C^{20}H^{18}O^9$, dédoublable en aloémodine et arabinose-*d*, selon l'équation

$$C^{20}H^{18}O^9 + H^2O = C^{15}H^{10}O^5 + C^5H^{10}O^5,$$

On rencontre dans le règne végétal un certain nombre de glucosides dédoublables avec formation de méthylpentoses mais jamais on n'avait obtenu de pentoses dans le dédoublement des glucosides. D'autre part, l'arabinose-*d*, sucre synthétique, n'avait pas encore été rencontré dans la nature.

L'isobarbaloïne, traitée comme la barbaloïne par l'alcool et HCl, fournit aussi de l'arabinose-*d*, caractérisée par le point de fusion 168°,8-169°,8 de sa benzylphénylhydrazone.

J'ai constaté antérieurement [1] que la barbaloïne et l'isobarbaloïne, traitées par Na^2O^2, donnent la même émodine. Actuellement, il est démontré que les deux aloïnes se dédoublent avec production du même sucre.

Il résulte de cette constatation que ces deux aloïnes diffèrent l'une de l'autre par l'oxhydryle auquel se trouve attachée la molécule de sucre. En un mot, la barbaloïne et l'isobarbaloïne sont des isomères de position.

J'ai l'intention d'étendre ces recherches à la nataloïne, dans le but de savoir à quel sucre elle se rattache.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1111.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude des latérites.* Note de M. **H. Arsandaux**, présentée par M. A. Lacroix.

J'ai montré antérieurement (¹) que les latérites que j'ai étudiées renferment, associée à des hydrates de fer et d'alumine, une proportion prépondérante d'une matière silicatée alumineuse, que sa nature lamellaire et sa composition chimique permettent d'assimiler à un mica; j'ai en outre émis l'hypothèse suivante, découlant de la considération de dix-huit analyses de ces produits d'altération, de provenance africaine principalement (Soudan, Guinée, Congo) : au début de la latéritisation, ces matières micacées correspondent à des muscovites presque normales, puis elles perdent progressivement leurs alcalis, en même temps qu'elles s'enrichissent en eau de constitution; finalement, elles aboutissent à des termes à peine alcalins, entièrement comparables aux kaolins.

L'étude d'une série d'échantillons, recueillie par M. Villiaume, dans la région de Siguiri (Niger-Soudan), me permet d'apporter un argument direct à l'appui de cette hypothèse, en même temps que certains faits positifs concernant les relations de la matière micacée en question, avec les hydrates qui l'accompagnent.

Les échantillons étudiés correspondent aux principaux stades de l'altération latéritique envisagée dans sa forme la plus complète, et telle que je l'ai déjà (²) décrite; ils proviennent de l'altération d'une même roche, un microgranite laminé, vraisemblablement (³).

J'ai effectué, en collaboration avec M. Blot, l'analyse des échantillons en question; les résultats obtenus sont consignés ci-après, ils sont calculés abstraction faite du résidu quartzeux inattaqué au cours des opérations analytiques (⁴).

(¹) *Comptes rendus*, 26 octobre 1909.

(²) *Comptes rendus*, 6 décembre 1909.

(³) Il me semble peu admissible que la matière micacée puisse être attribuée à un produit de dynamométamorphisme du feldspath de cette roche; en effet, la plupart des analyses publiées dans ma Note du 26 octobre 1909 concernent des produits d'altération de roches non sériciteuses; c'est, en particulier, le cas du microgranite laminé de Sadiola, qui fournit une série de produits de latéritisation que j'ai étudiés sur place, entièrement comparable à celle que j'envisage ici.

(⁴) Pour la description détaillée des roches latéritiques et les méthodes analytiques, je renvoie à mes Notes sur les bauxites et les latérites (*Comptes rendus*, 5 et 26 avril, 26 octobre et 6 décembre 1909).

	Proportion des hydrates.	Proportion des silicates alcalins.
a	0,8	99,2
b	2,0	98,0
c	5,5	94,5
d	12,2	87,8
e	32,9	67,1

Composition des hydrates.

H^2O	traces	traces	1,9	6,6	15,6
Fe^2O^3	99,0	95,0	93,5	77,3	60,9
Al^2O^3	traces	5,0	3,6	16,6	22,4
	99,0	100,0	99,0	99,5	98,9

Composition des silicates alumineux alcalins.

H^2O	7,6	8,9	11,4	12,5	16,6
SiO^2	44,9	46,4	45,0	44,5	44,6
Al^2O^3	37,9	35,9	37,1	38,2	35,8
TiO^2	1,0	0,7	1,3	1,5	0,9
$CaO + MgO$	1,1	1,3	1,0	0,9	0,9
K^2O	6,9	4,3	3,3	1,5	0,5
Na^2O	0,9	1,8	0,4	0,4	0,4
	100,3	99,3	99,5	99,5	99,7

a et *b* roches latéritiques ayant conservé les caractères structurels de la roche originelle, situées à une profondeur de plus de 18^m au-dessous des latérites superficielles à facies scoriacé (*e*).

c, *d*, *e*, roches latéritiques dépourvues des caractères structurels de la roche originelle; ces échantillons correspondent à des niveaux de plus en plus rapprochés de la surface (*e*); ils sont de plus en plus rubéfiés, l'individualisation du fer y est, en outre, de plus en plus accentuée, de *c* à *e*.

Ces résultats conduisent aux conclusions suivantes pour le cas considéré :

1° L'élément silicaté alumineux subit des transformations micacées conformément à l'hypothèse rappelée au début de cette Note;

2° Parallèlement à cette altération micacée, il s'en développe une autre, progressive également, caractérisée par la production des hydrates de fer et d'alumine, la proportion de ce dernier, dans la roche d'altération, crois-

sant au fur et à mesure que le produit micacé qui accompagne cet élément, se rapproche davantage de la kaolinite;

3° Ils permettent de juger, en outre, que les oxydes de fer et d'alumine présentent des états d'hydratation croissant dans le même sens que ci-dessus (¹), tendant sans doute (analyse) vers les hydrates définis $2Fe^2O^3$, $3H^2O$ et Al^2O^3, $3H^2O$, dont la présence dans les formations latéritiques superficielles a déjà plusieurs fois été constatée, soit optiquement, sous forme de limonite et d'hydrargillite, soit par voie analytique, seulement.

Parmi les latérites étudiées dans ma première Note, celles constituant des produits non remaniés fournissent des résultats susceptibles d'être rapprochés de ceux consignés ici, en ce sens que, à ceux de ces produits comprenant un silicate alumineux fortement alcalin, correspondent généralement de faibles teneurs en oxydes, d'aluminium en particulier, d'un degré d'hydratation peu élevé, un résultat inverse s'observant dans le cas contraire; aussi, autant qu'il est possible de généraliser quelques faits isolés se rapportant à des phénomènes géologiques d'une ampleur extrêmement considérable, suis-je porté à admettre, comme conclusion d'ensemble de mes observations personnelles sur la question, que : *La latéritisation résulte essentiellement d'une hydratation des feldspaths, aboutissant à un scindement de l'alumine de ceux-ci en deux portions, l'une à l'état silicaté, l'autre à l'état d'hydroxyde, les formes ultimes respectives de ces deux états correspondant à la kaolinite et à l'hydrargillite.*

Cette transformation peut être schématisée par les équations suivantes, dans lesquelles les modifications progressives des éléments sont totalisées :

Feldspath + eau = muscovite + silice + alcali,
Muscovite + eau = kaolinite + alumine + silice + alcali.

Que ces conclusions soient ou non susceptibles d'être généralisées, il n'en résulte pas moins des faits étudiés particulièrement dans cette Note, que la latéritisation ne peut toujours être considérée comme un phénomène relativement simple, caractérisé essentiellement par le passage de l'alumine de l'état de silicate à l'état d'hydroxyde; s'il est incontestable que certains hydrates d'alumine intertropicaux sont d'origine latéritique, il est égale-

(¹) Le fait est impossible à établir par un calcul rigoureux, l'absence d'hydrates sous une forme cristallisée déterminable ne permettant pas de répartir convenablement, entre les oxydes Fe^2O^3, Al^2O^3, l'eau trouvée dans l'analyse.

ment certain qu'il existe des formations kaoliniques des mêmes régions ayant une origine semblable; peut-être, toutefois, la kaolinite elle-même, est-elle susceptible de se désintégrer par voie d'hydratation, fournissant comme produit ultime de l'alumine; cependant c'est là une pure hypothèse à l'appui de laquelle je ne puis apporter d'argument positif.

BOTANIQUE. — *L'éclairement optimum pour le développement des végétaux.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les recherches de Garreau, Wolkoff, van Tieghem, Boussingault, Müller, Prianischnikoff, Famintzine, Reinke, Kreusler, etc., ont mis en évidence l'influence exercée par la lumière sur l'assimilation chlorophyllienne, et certains de ces auteurs ont montré que le phénomène chlorophyllien se produit avec son maximum d'intensité à un éclairement voisin de celui de la lumière solaire directe; cet éclairement représentait donc l'optimum lumineux pour l'assimilation chlorophyllienne.

Weis, Pantanelli et Lubimenko ont fait voir que l'éclairement optimum pour l'assimilation chlorophyllienne n'est pas représenté par la même intensité lumineuse pour toutes les espèces végétales.

Enfin, Lubimenko, en étudiant la formation de la chlorophylle, l'assimilation chlorophyllienne et la production de substance sèche, chez de très jeunes plantes cultivées à des intensités lumineuses plus ou moins fortes, a montré que, pour une même espèce végétale, les éclairements optima sont différents suivant le phénomène physiologique que l'on considère.

J'ai entrepris de déterminer, *aux divers stades du développement des végétaux* depuis la germination jusqu'à la formation des graines, les éclairements optima pour les différents phénomènes physiologiques. Les expériences ont porté sur des espèces appartenant à plusieurs types biologiques : plantes habituées à vivre à un éclairement très intense (*Salsola Kali*, *Atriplex crassifolia*, etc.); plantes adaptées à une lumière moyenne (*Triticum vulgare*, *Mercurialis annua*, *Raphanus sativus*, *Pisum sativum*, etc.); plantes d'ombre (*Teucrium Scorodonia*, etc.).

Les phénomènes étudiés ont été les suivants : production de substance sèche, production de substance fraîche, assimilation chlorophyllienne, germination, développement de l'appareil végétatif, rapidité de croissance, tubérisation, floraison, formation des fruits, maturation des fruits, déterminisme du sexe, faculté d'adaptation à des éclairements différents.

Les divers éclairements ont été obtenus en atténuant la lumière solaire au moyen de toiles dont les fils étaient plus ou moins épais et les mailles plus ou moins larges. La lumière était ainsi modifiée quantitativement mais non qualitativement; elle était

d'autant plus atténuée que les fils des toiles étaient plus épais et les mailles moins larges. Les plantes ont été cultivées sous cinq éclairements d'intensité croissante, et les diverses déterminations ont été faites, sur les individus des cinq lots, aux différents stades du développement.

Un dispositif particulier permettait de réaliser des conditions de température, d'état hygrométrique de l'air et d'humidité du sol, identiques sous les cinq éclairements. Ce dispositif, ainsi que la technique des expériences seront décrits d'autre part, en même temps que seront exposés les résultats détaillés obtenus dans ces recherches.

Les conclusions les plus générales qu'il est permis de tirer de l'ensemble des résultats obtenus sont les suivantes :

Non seulement l'optimum lumineux est différent, chez une même plante, suivant le phénomène physiologique que l'on considère, mais encore, *l'éclairement optimum pour un phénomème déterminé, chez une plante donnée, n'est pas représenté par la même intensité lumineuse pendant toute la vie de la plante; cet optimum est différent suivant le stade du développement que l'on considère.*

D'une manière générale, cette lumière optima est faible pendant les premiers stades du développement et correspond à des éclairements de plus en plus forts à mesure que la plante vieillit.

Par conséquent, si l'on considère un phénomène déterminé chez une espèce végétale donnée, on ne peut caractériser physiologiquement cette espèce par un seul optimum de lumière, correspondant au maximum d'intensité de ce phénomène. Il est nécessaire, si l'on veut représenter l'influence de la lumière sur ce phénomène, de figurer, pour cette espèce, la variation des optima au cours du développement. C'est cette courbe de la variation des optima qui est la caractéristique physiologique de l'espèce, au point de vue du phénomène étudié. La figure obtenue en représentant graphiquement cette variation indique, par son aspect, le genre d'adaptation à la lumière de l'espèce considérée.

L'ensemble des faits, mis en évidence dans mes recherches, conduit à la conception suivante de l'action générale de la lumière sur le développement des plantes:

*Les fortes intensités lumineuses provoquent, chez les végétaux, l'*accumulation *des composés nutritifs élaborés dans les parties vertes et favorisent par conséquent la formation des organes de réserve (rhizomes, tubercules, fruits, etc.); tandis que les éclairements faibles déterminent au contraire l'*utilisation *des substances nutritives et accélèrent par conséquent la production des organes de vie active (tiges herbacées, feuilles, etc.).*

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine.* Note [1] de MM. **V. Pachon** et **Em. Perrot**, présentée par M. Guignard.

Sous l'influence d'idées théoriques qui ont prévalu depuis une cinquantaine d'années en pharmacologie, on s'est préoccupé de retirer des plantes médicinales des produits cristallisés, auxquels on a cru pouvoir rapporter, d'une part, l'action spécifique du végétal et qu'on a considérés, d'autre part, à la fois comme plus utiles et plus maniables.

Il se trouve que l'étude chimique des produits immédiats de la plante fraîche et l'étude physiologique de ces produits sont d'accord pour démontrer que le problème pharmacologique a été posé sous une forme trop schématique. La pharmacodynamie de la *plante fraîche* et la pharmacodynamie des *produits cristallisés* qu'on en peut retirer constituent, en fait, deux choses différentes, dont chacune a d'ailleurs son intérêt pratique, mais qui doivent être distinguées.

Sur le terrain chimique, M. Goris a montré, en particulier pour la noix de kola fraîche, que la caféine était associée à un groupe complexe dont il a pu extraire un corps nouveau cristallisé, la kolatine, qui donne avec la caféine un composé soluble dans l'eau et doué d'une action physiologique spéciale. Des recherches en cours montrent qu'il en est vraisemblablement de même pour bon nombre d'autres végétaux renfermant des alcaloïdes ou des glucosides.

Au point de vue physiologique, l'étude de l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine, est particulièrement instructive et démonstrative à cet égard.

Nos essais ont été faits avec un extrait de café vert, préparé après destruction des diastases suivant la méthode préconisée par MM. Perrot et Goris [2]. En partant de plantes fraîches, dont les enzymes avaient été tuées par l'action de la vapeur d'alcool sous faible pression, ces auteurs ont obtenu des extraits qu'ils ont dénommés *extraits physiologiques* et qui conservent les propriétés de la plante fraîche. C'est une semblable préparation galénique obtenue du café vert, qui fut le point de départ des observations que nous allons rapporter.

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

[2] *Académie de Médecine*, séance du 21 juin 1909.

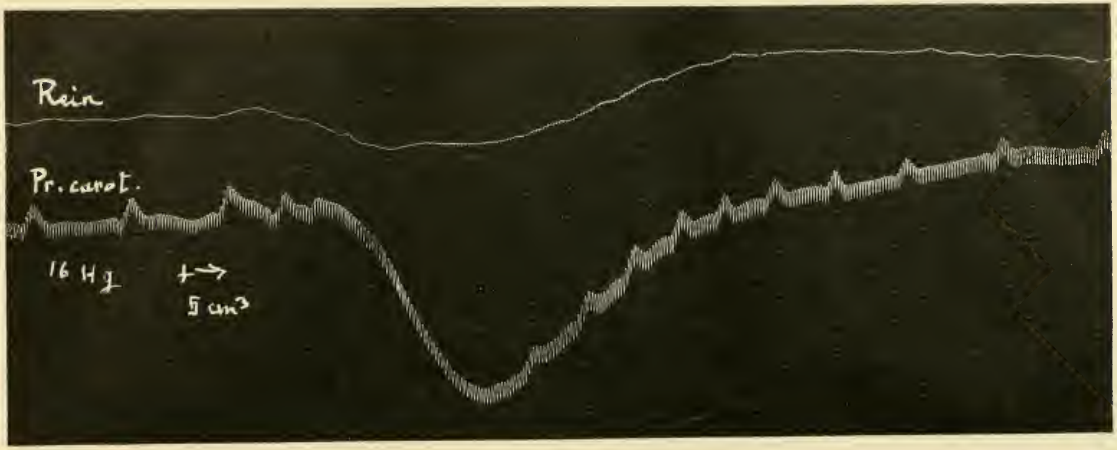


Fig. 1. — *Extrait physiologique de café vert* : action hypotensive immédiate profonde.

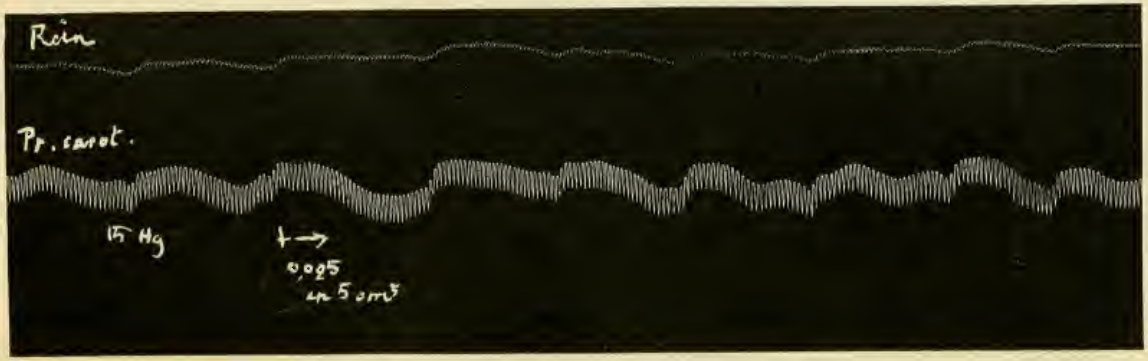


Fig. 2. — Absence de réaction cardio-vasculaire, sous l'influence d'une dose de caféine (25^{mg}) correspondant à celle contenue dans l'extrait de café vert.

Cet extrait, qui renfermait 4,60 pour 100 de caféine, a servi à faire des solutions à 10 pour 100 dans le sérum physiologique (Na Cl à 8,5 pour 1000) : 10^{cm^3} de la solution expérimentée, contenant 1^g d'extrait, correspondaient donc à 0,046 de caféine. Des doses correspondantes de caféine en solution ont été injectées sous un même volume et dans les mêmes conditions expérimentales, soit chez un animal (chien) neuf, soit chez le même animal, après disparition de tout effet antérieur, et après s'être assuré qu'une même dose répétée d'extrait de café continuait à exercer son action première.

Les graphiques ci-contre (*fig.* 1 et 2) représentent les résultats de l'expérience dont nous donnons le protocole.

Expérience. — Chien ♂, 10^{kg}. Injection intra-veineuse dans la veine tibiale de 1^g de chloralose dissous dans 60^{cm^3} d'eau salée tiède à 8,5 pour 1000. Quand l'animal est en pleine narcose, préparation de la carotide droite et du rein gauche. La pression artérielle carotidienne est enregistrée avec le kygmographe de Ludwig. La pression artérielle et le volume du rein s'inscrivant normalement, on fait (à l'endroit indiqué sur le tracé) une injection intra-veineuse de 5^{cm^3} de la solution à 10 pour 100 d'extrait physiologique de café vert. Immédiatement on constate un léger ralentissement cardiaque avec *chute profonde de la pression qui se relève progressivement. Le volume du rein baisse en même temps que la pression et, après avoir dépassé son niveau primitif*, (réaction compensatrice fréquente après les variations volumétriques brusques d'organes) *reprend progressivement, comme la pression, sa valeur normale.* Un quart d'heure après, alors que le régime cardio-vasculaire est redevenu entièrement normal et régulier, l'injection d'une dose de $0^{mg},025$ caféine en 5^{cm^3} (soit une dose de caféine correspondant à celle contenue dans l'injection d'extrait) ne produit aucun effet cardio-vasculaire appréciable. Le chien reçoit alors une injection intra-veineuse de 2^{mg} de sulfate d'atropine : l'effet hypotenseur (accompagné de la diminution volumétrique du rein) de l'extrait de café se manifeste aux mêmes doses que chez l'animal normal.

En résumé, l'extrait physiologique de café vert, contenant les principes immédiats tels qu'ils se trouvent dans la plante fraîche, exerce une action cardio-vasculaire dépressive se manifestant par un léger ralentissement cardiaque, une chute profonde de la pression carotidienne et du volume du rein. L'effet hypotenseur se manifeste chez l'animal atropinisé comme chez l'animal normal. L'action cardio-vasculaire dépressive, manifeste à des doses d'extrait contenant 25^{mg} de caféine, est sans nul doute une action spécifique d'un groupement chimique particulier, car des doses correspondantes de caféine pure ne produisent, dans les mêmes conditions expérimentales, aucune action cardio-vasculaire apparente.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence du régime alimentaire sur l'intestin chez les Oiseaux.* Note [1] de M. A. **Magnan**, présentée par M. Yves Delage.

Afin de pas tomber dans l'erreur qui consiste à établir des rapports entre des grandeurs d'ordre différent, j'ai comparé :

1° La longueur de l'intestin à la longueur du corps obtenue par la formule $l = \sqrt[3]{p}$;

3° La surface de l'intestin à la surface du corps calculée par la formule $S = 7,35\sqrt[3]{p^2}$.

Dans ces conditions la question de la taille se trouve éliminée.

J'ai étudié 425 oiseaux répartis en 160 espèces ; le régime les groupe de la façon suivante :

	Poids total moyen.	Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur du corps.	Rapport de la surface de l'intestin à la surface du corps.
	g		
Insectivores indigènes.....	32,50	6,22	2,00
Insectivores exotiques.....	22,10	6,25	2,10
Carnivores et insectivores.....	374,60	7,95	1,50
Omnivores (Corvidés).....	214,70	9,93	2,90
Piscivores et insectivores.....	204,70	10,05	2,20
Granivores et insectivores.....	39,60	10,66	3,50
Carnivores.....	1382,40	10,70	1,50
Frugivores.....	152,30	11,50	3,30
Piscivores.....	896,60	11,80	2,50
Granivores.....	506	12,40	3,20
Carnivores et piscivores (grands Échassiers).....	1702,30	15,80	1,60
Omnivores (Palmipèdes).....	2207,20	17,10	3

En examinant les chiffres de la première colonne on constate que les Oiseaux possédant une alimentation animale ont la plus petite longueur d'intestin et que les végétariens ou les omnivores présentent le plus grand développement intestinal.

---

[1] Présentée dans la séance du 13 juin 1910.

Mais deux remarques s'imposent :

1° Les Oiseaux comme les grands Échassiers qui sont carnivores et piscivores échappent à la règle ; ils ont beaucoup d'intestin ;

2° Les granivores et les carnivores sont assez voisins ; la différence que présente la longueur de leur intestin est assez minime.

Ce paradoxe n'est qu'apparent : si l'on confronte les rapports de la surface de l'intestin à la surface du corps, on voit les grands Échassiers reprendre leur place parmi les carnivores, alors que les granivores s'en écartent, puisque ces derniers, avec une longueur d'intestin sensiblement égale, ont une surface d'absorption double.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le virage du pigment de deux champignons.* Note de M. G. **Seliber**, présentée par M. E. Roux.

Le virage des pigments des champignons a été déjà étudié par Coupin et Friedel (1), Bessey (2) et Milburn (3).

Nous avons isolé des orchidées malades des serres du jardin botanique de Heidelberg deux champignons produisant des pigments variant leur coloration suivant le milieu de culture. L'isolement des champignons a été fait de la manière suivante : des morceaux des feuilles et des tiges d'orchidées ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose (2 pour 100 gélose, 3 pour 100 glucose). Dans la flore fongique qui se développa dans les boîtes, deux champignons ont montré une coloration vive. On constatait macroscopiquement chez l'un de ces champignons une coloration rouge, chez l'autre une coloration violette. Réensemencés en séries dans des tubes avec le même milieu, ils ont presque toujours gardé leur coloration, quelques cultures montraient seulement par endroit un virage dont nous parlerons plus bas.

L'examen microscopique révèle que dans les mycéliums le pigment se répartit de manières différentes : quelquefois la matière colorante diffusant dans tout le mycélium est de faible intensité, ou montre, au contraire, une nuance vive ; dans d'autres cas elle s'agglomère en granulations ou en bâtonnets, fortement colorés.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1118.

(2) *Flora*, t. XCIII, 1904, p. 301.

(3) *Centrablatt f. Bakter.*, 2e Partie, t. XIII, 1904, p. 129.

La forme rouge a été déterminé comme *Fusarium* (*Fusisporium*) *Heidelbergianum sp. n.* avec des conidies à 5 septes, la forme violette comme *Cephalosporium subsessile sp. n.* (¹).

In vitro des mycéliums rouges de *Fusarium* placés dans une solution d'acide faible deviennent jaunes, des mycéliums violets de *Cephalosporium* virent au rouge. Les mycéliums des cultures sur amidon décrites plus bas se prêtent mieux à l'observation de ces virages.

Si l'on ajoute avant l'ensemencement à des cultures des champignons en milieu liquide (NO^3K $0^g,5$; SO^4Mg $0^g,5$; asparagine 5^g; glucose 30^g; eau 1^l) des solutions stérilisées de KOH et de $SO^4H^2\left(\frac{N}{40}\right)$, on arrive à provoquer une coloration bien déterminée dans des mycéliums; mais ces effets ne se produisent pas toujours avec certitude.

Nous avons obtenu des résultats plus intéressants en opérant sur des milieux solides et en introduisant à la place d'acide ou d'alcali libres des sels minéraux, pouvant fournir au cours des processus vitaux des champignons des produits acides ou alcalins.

On constitue un bon milieu en employant l'empois d'amidon. Il est avantageux, afin d'obtenir une masse gélatineuse bien homogène, de déminéraliser partiellement l'amidon (²). Le milieu nutritif était préparé de la manière suivante : à des solutions contenant 0,5 pour 100 de $SO^4(NH^4)^2$ ou de NO^3K, on ajoute 10 pour 100 d'amidon déminéralisé. L'amidon se solubilise par chauffage au bain-marie, on répartit la solution dans des boîtes de Pétri et, après stérilisation, on obtient par refroidissement un milieu solide prêt pour l'ensemencement.

Le milieu au $SO^4(NH^4)^2$ donne avec le *Fusarium* une culture de couleur jaune, avec le *Cephalosporium* on observe une coloration rouge.

Les cultures en milieu nitraté montrent une coloration rouge avec le *Fusarium* et violette avec le *Cephalosporium*.

Un résultat identique a été obtenu en remplaçant l'amidon du milieu nutritif par de la gélose glucosée.

Pour expliquer ces changements de coloration, on peut dire que le champignon cultivé en présence de NO^3K assimile l'azote nitrique et met en liberté des produits alcalins, on obtient alors des couleurs rouges et violettes qui caractérisent l'action de l'alcali sur ces champignons. Dans le milieu contenant $SO^4(NH^4)^2$, les champignons consomment l'azote ammo-

---

(¹) Nous sommes très reconnaissant à M. Saccardo de Padoue qui a bien voulu nous déterminer les champignons, la diagnose de ces champignons sera donnée dans les Notes mycologiques de M. Saccardo (*Annales mycologici*, juin 1910).

(²) Voir Fouard, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 501 et 1366.

niacal et un radical acide peut concourir aux virages jaune et rouge des couleurs.

In vivo on constate aisément le virage des pigments en ajoutant aseptiquement aux cultures sur amidon des solutions d'acide ou d'alcali de concentration, variant entre $\frac{N}{100}$ et $\frac{N}{40}$. Le virage du violet au rouge et le virage inverse se produisent bien, de même celui du rouge au jaune. Le virage jaune rouge ne réussit qu'imparfaitement. L'étude de ces questions présente encore des particularités qui restent à élucider.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'analyse des matières protoplasmiques.* Note de MM. **A. Étard** et **A. Vila**, présentée par M. E. Roux.

1. Les liqueurs d'hydrolyse des matières protoplasmiques, obtenues suivant une technique indiquée dans des Notes antérieures, contiennent la totalité des produits issus de la matière albuminoïde. Cependant l'énorme perte en eau que nous avons signalée (plus de 25 pour 100 de la substance sèche étudiée) montre que, quel que soit le futur rendement en produits définis séparés, il sera très difficile d'en interpréter les résultats.

Pour établir un procédé pratique, permettant de distinguer aisément les principaux groupements moléculaires, il fallut rechercher des réactifs généraux; c'est ainsi que dans une Communication précédente [1] nous avons indiqué l'emploi du méthylate de baryum. Ce réactif forme avec les produits d'hydrolyse, préalablement solubilisés dans un excès d'alcool méthylique pur, une combinaison insoluble entraînant les corps à fonction acide prédominante, existant dans la liqueur.

Les produits d'hydrolyse peuvent donc se classifier en fractions distinctes; en premier, on remarque, suivant l'ordre des séparations, le groupe des acides aminés (tyrosine, leucine, alanine, valine glycocolle) isolable aisément par cristallisation ou combinaison cuprique dans les milieux aqueux déminéralisés et concentrés; vient ensuite le groupe obtenu au moyen du méthylate de baryum dans les conditions ci-dessus rappelées, cette fraction contient entre autres produits la majeure partie des di-acides aminés (acides aspartique, glutamique) dont les combinaisons barytiques sont aisées à dissocier.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1323.

II. Nous présentons maintenant une suite de réactions s'appliquant aux liqueurs ayant subi ces premiers traitements; les termes insolubles qui en résultent constituent une nouvelle fraction caractéristique venant s'ajouter à celles déjà citées.

Par suite du départ des corps à fonction neutre et acide, la liqueur alcoolique contenant tous les produits de l'hydrolyse non encore séparés se trouve enrichie en fonctions basiques. Une partie de ces groupements à fonction basique prédominante peut être précipitée à l'aide d'acide sulfurique dissous dans l'alcool méthylique; les sulfates insolubles qui se forment, se filtrent bien et la légère acidité des liquides clairs, due à un excès de réactif, est neutralisée par la quantité nécessaire du méthylate de baryum.

Afin de parfaire la séparation des groupes basiques contenus encore dans la liqueur, nous ajoutons un second réactif acide : l'acide ferrocyanhydrique dissous dans l'alcool méthylique.

Ces réactifs, de faible poids moléculaire, offrent l'avantage de n'introduire, dans les matériaux en étude, que de petites quantités de matières minérales entièrement éliminables.

Le réactif ferrocyanhydrique se prépare au moment de l'emploi en faisant agir de l'acide chlorhydrique étendu d'eau sur une quantité équimoléculaire de ferrocyanure de potassium; en ajoutant à la liqueur un excès d'éther, on précipite le composé solide blanc [1] : $FeCy^6H^4, 2(C^2H^5 - O - C^2H^5)$ qui, filtré rapidement sous vide puis lavé à l'éther, est dissous dans l'alcool méthylique à 99 pour 100.

L'acide ferrocyanhydrique provoque dans les liquides alcooliques contenant des produits basiques, un précipité caillebotté, blanc verdâtre, de ferrocyanures de bases; mais un excès de réactif amène une dissolution partielle du précipité. Comme les sulfates de ferrocyanures de bases sont hygroscopiques, ils doivent être desséchés rapidement dans le vide sur acide sulfurique.

Pour chasser l'acide ferrocyanhydrique de ses combinaisons solubles ou insolubles dans l'alcool méthylique, il suffit de revenir en milieux aqueux et d'ajouter aux liqueurs, chauffées à l'ébullition, une quantité convenable de sulfate ferrique, il se forme un précipité dense de ferrocyanure de fer et la solution filtrée est débarrassée de l'excès de sulfate ferrique par addition d'eau de baryte.

III. La solution alcoolique contient après ces départs successifs les produits restés indifférents aux réactifs (barytique, sulfurique, ferrocyanhydrique). Ces produits sont considérablement simplifiés et remis en solution aqueuse, déminéralisés puis concentrés, ils fournissent des cristaux d'acides

---

[1] A. Étard et G. Bémont, *Comptes rendus*, t. XCIX, p. 973.

aminés, simples ou condensés qui, n'étant pas encore libérés, n'avaient pu être obtenus au début du traitement.

Le fractionnement en groupes jouissant des propriétés communes s'est toujours vérifié sur des matières albuminoïdes les plus diverses (tissus musculaires, kératiniques, osséine, caséine, gliadine, gluténine, laitance et œufs de poissons).

Conclusions. — L'étude des matières albuminoïdes nécessite une exacte connaissance de leurs produits d'hydrolyse, et la nature chimique de ces produits ne doit pas empêcher les multiples traitements du travail de séparation, d'être considérés comme des opérations analytiques.

Les réactifs de groupe, utilisés en suivant ce principe, déterminent des fractions caractéristiques pouvant servir à l'analyse comparée des matières protoplasmiques.

HYDROLOGIE. — *Les infiltrations sur le massif du Zaghouan (Tunisie).* Note de M. **Noel**, présentée par M. Wallerant.

Le Zaghouan se compose, comme on sait, d'un massif de calcaires jurassiques perméables en grand, colmaté sur le pourtour par une ceinture imperméable, néocomienne sur le flanc NW, éocène sur le flanc SE.

La résistance qu'offre à la pénétration des eaux la nappe captive du Jurassique avec laquelle ils sont en relation en profondeur maintient à l'intérieur de ces calcaires une surface libre élevée qui donne naissance à des sources aux points bas de la ceinture.

Les deux principales de ces sources, Aïn Ayed et la source de la Nymphée, sont utilisées pour l'alimentation de Tunis. La connaissance des débits de la première, servant aussi aux besoins locaux, manque de précision ; mais la seconde, envoyée en totalité dans la canalisation, m'a offert des déterminations susceptibles d'être soumises au calcul.

Les formules d'épuisement calculées pour cette source d'après une méthode analogue à celle de M. Boussinesq [1] ont été quelques peu différentes pour les trois années envisagées : 1907, 1908 et 1909. La *ligne de faîte* de la surface libre étant certainement plus haute que dans le premier cas de

---

[1] Boussinesq, *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1511-1517, et une suite de huit Notes à l'Institut dans les années 1903 et 1904.

M. Boussinesq, j'ai posé, en appelant Q le débit en mètres cubes par jour :

$$Q = u_1 10^{-\alpha t} + u_2 10^{-2\alpha t} + u_3 10^{-3\alpha t}, \tag{1}$$

d'où résulte pour l'aire asymptote comprise entre la courbe, l'axe des t et l'ordonnée $t = t_1$, la valeur :

$$S_1 = \frac{M}{\alpha}\left(u_1 10^{-\alpha t} + \frac{1}{2} u_2 10^{-2\alpha t} + \frac{1}{3} u_3 10^{-3\alpha t}\right). \tag{2}$$

Les valeurs de α et les coefficients offrant pour Q la somme la plus rapide ont été :

	Années.	α.	u_1.	u_2.	u_3.	Époque origine.	Mètres cubes par jour.
	1907.....	0,00150	10905	165	80	13 mai	11150
(3)	1908.....	0,00243	11777	—588	—40	14 mai	11150
	1909.....	0,00178	8609	188	—57	17 mai	8740

J'ai évalué l'infiltration entre deux points t_1 et t_2 situés chacun sur deux courbes d'épuisement distinctes, comme différence des deux aires asymptotes S_2 et S'_2 de ces courbes pour le point t_2, augmentée de l'aire complémentaire comprise entre la courbe d'épuisement inférieure, l'ordonnée t_2 et le graphique réel de débit entre les instants t_1 et t_2.

Deux causes d'inexactitude dont je n'ai pu tenir compte interviennent plus ou moins.

D'abord, le reliquat d'une tranche annuelle d'infiltration, par suite de la communication avec la nappe captive, est repoussé en profondeur par l'infiltration de l'année suivante ; la courbe d'épuisement correspondante est donc surbaissée ou disparaît même les années suivantes, d'où erreur en plus sur les aires asymptotes. L'alimentation de cette nappe captive étant cependant peu abondante, cette cause d'erreur n'est pas très importante. Ensuite, si les périodes d'infiltration sont assez rapprochées pour empiéter l'une sur l'autre, la vraie courbe d'épuisement peut n'être pas encore établie en l'un de ces points. Si c'est au point initial t_1, on compte entre t_1 et t_2 des infiltrations de la période précédente, d'où erreur par excès ; si c'est au point t_2 au contraire, il y a erreur par défaut. Il peut donc en résulter parfois des valeurs trop fortes pour les infiltrations de fin hiver au détriment de celles d'automne.

Pour les infiltrations du printemps 1907, j'ai pris comme formule d'épuisement la courbe (1) elle-même, pour celles de l'automne, une exponentielle simple avec $\alpha = 0,00177$ « coefficient de tarissement » (système décimal) calculé pour cette période. Pour celles du printemps 1908, les coefficients du Tableau (3) fournissaient une branche asymptote trop rapide ; comme d'autre part, l'épuisement avait été très considérable pendant l'été, j'ai choisi une exponentielle simple avec $\alpha = 0,0018$ (reconnu comme supé-

rieur à celui de 1907). Pour 1909 enfin, j'ai considéré comme insuffisante une exponentielle simple avec $\alpha = 0,00178$.

En partant de ces données, j'ai obtenu les résultats suivants :

1907.	Du 6 janvier à l'été (maximum en mars)	2 453 700
	Septembre et commencement d'octobre	7 500
	Commencement de novembre	26 816
	Fin novembre et décembre	148 000
1908.	Janvier et commencement de février	160 300
	Mars-avril (maximum en avril)	2 123 700
	Septembre, commencement d'octobre	6 650
	Fin octobre-novembre	104 960
	Fin novembre, commencement de décembre	53 400
	Fin décembre-janvier 1909	505 200
1909.	Février à avril (maximum en avril)	1 402 410
	Orages vers le 28 mai 1909	45 980

Ce Tableau montre que toutes les pluies ont de l'influence sur cette source, même les premières pluies d'orage de fin septembre; mais cette influence est faible : elle se chiffre par quelques milliers de mètres cubes seulement et ne produit dans le graphique d'épuisement qu'une déformation momentanée. Elle provient de l'existence au-dessus de la source du « couloir de la Nymphée » qui produit un maximum relatif de débit de 4 à 6 jours après chaque averse, et de l'absence presque complète d'humus sur ces calcaires cariés et décapés, qui leur donne une « perméabilité directe ». Le coefficient d'infiltration est, de ce fait, malgré le climat, très considérable. Le maximum a lieu à la suite des pluies de fin mars et avril, qui déterminent une montée rapide due au second maximum annuel de pluie et parfois (1907) à la fonte des neiges. Ce maximum est de courte durée et est suivi d'une branche descendante établie rapidement et à « coefficient de tarissement » considérable.

M. G.-D. Boerlage adresse un *Essai sur le vol à vortex*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 juin 1910.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Caisse des Recherches scientifiques*, année 1909 : *Rapport annuel adressé au Président de la République française*, par M. Paul Dislere. Melun, Imprimerie administrative, 1910; 1 vol. in-8°.

Pathologie et traitement du diabète sucré. Conférences faites au « Royal College of Physicians of London », par F-W. Pavy. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouchard.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. H. Lecomte; t. I, fasc. 5, p. 449-576, vignettes 43-60, planche XXII : *Malvacées* (fin), *Sterculiacées et Tiliacées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson et Cie, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

Le vol plané, par J. Bretonnière. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1909; 1 fasc. in-8°.

Les erreurs de la Science, par Louis-Charles-Émile Vial. Paris, chez l'auteur, 1908; 1 vol. in-8°.

Annual Report of the board of regents of the Smithsonian Institution, showing the operations, expenditures and condition of the Institution for the year ending june 30, 1908. Washington, Government printing Office, 1909; 1 vol. in-8°.

Yearbook of the United States Department of Agriculture, 1909. Washington, 1910; 1 vol. in-8°.

Anales del Instituto medico nacional, continuatio de *El Estudio;* t. XI, n° 1. Mexico, 1910; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 mai 1910.)

Note de MM. *P. Villard* et *H. Abraham*, Sur l'existence de deux potentiels explosifs :

Page 1287, ligne 14, *au lieu de* par voltages décroissants, *lisez* par voltages croissants.

Note de MM. *Briner* et *Wroczynski*, Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression :

Page 1326, ligne 5, *au lieu d'*oxyde d'azote, *lire* oxyde de carbone.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Classification nouvelle du groupe des Inovulées.* Note de M. **Ph. van Tieghem.**

On sait que, dans la fleur des Endoprothallées ou Phanérogames, les carpelles qui composent le pistil forment le plus souvent d'abord leurs macrodiodes, puis les prothalles femelles qui résultent de leur germination sur place, isolément sur ou dans autant de folioles différenciées à cet effet, qu'on nomme des *ovules;* en un mot, le pistil y est *ovulé*. Il en est ainsi chez toutes les Astigmatées et, parmi les Stigmatées, chez toutes les Monocotyles, chez toutes les Liorhizes dicotylées et dans la très grande majorité des Dicotyles. Mais ce dernier groupe, le plus vaste de tous, comprend aussi bon nombre de plantes où les carpelles, sans se découper de folioles, produisent eux-mêmes et directement leurs macrodiodes et leurs prothalles femelles; ces plantes n'ont donc pas d'ovules, le pistil y est *inovulé*. La classe des Dicotyles se partage, d'après ce caractère, en deux sous-classes d'étendue très inégale : les *Ovulées* et les *Inovulées*. On ne considère ici que le second groupe.

Au point de vue qui nous occupe, les choses s'y passent de deux manières. Quelquefois le carpelle produit sa macrodiode et son prothalle femelle à l'intérieur d'une protubérance non vasculaire de son écorce, revêtue par l'épiderme, qui est une émergence; il y a donc un macrodiodange individualisé, ce qu'on appelle ici un *nucelle*, comme chez les Ovulées; le pistil inovulé y est *nucellé*. Mais le plus souvent, c'est dans la profondeur même de son écorce, sans faire au dehors en ce point aucune saillie, que le carpelle produit sa macrodiode et son prothalle femelle; il n'y a pas de macrodiodange individualisé, pas de nucelle; le pistil inovulé y est en même temps *innucellé*. Il en résulte la subdivision, bien connue depuis 1901, de la sous-

classe des Inovulées en deux ordres : les Inovulées innucellées ou Loranthinées et les Inovulées nucellées ou Anthobolinées.

Examinons successivement ces deux ordres, en commençant par le premier, qui est le plus inférieur et aussi de beaucoup le plus nombreux.

1. *Loranthinées.* — Le pistil s'y comporte de quatre manières différentes, qui permettent d'en grouper les familles en quatre alliances.

Quelquefois il se réduit à un seul carpelle ouvert, qui produit directement dans l'épaisseur de sa base une seule macrodiode avec un seul prothalle femelle : c'est l'alliance des *Balanophorales*.

Le plus souvent, il est formé de plusieurs carpelles ouverts, concrescents bord à bord et circonscrivant une loge unique, au moins au début. Tantôt la loge unique, demeurée telle mais de bonne heure oblitérée, ne relève pas son fond, qui reste plat, et c'est sous l'épiderme de ce fond plat que se trouvent situés les macrodiodes et les prothalles femelles, dont la disposition dans le pistil, ce qu'on peut appeler, ici comme chez les Ovulées, la *placentation*, peut être dite *basilaire*. C'est l'alliance des *Loranthales*.

Tantôt le fond de la loge unique et qui demeure telle se relève en une colonne qui la remplit complètement en demeurant libre tout autour. Elle est formée par la concrescence d'autant de talons ligulaires qu'il y a de carpelles, et c'est elle qui renferme d'abord les macrodiodes, puis les prothalles femelles. La placentation du pistil peut y être dite *centrale*. C'est l'alliance des *Nuytsiales*.

Tantôt enfin il y a encore, tout au début, une loge unique et une colonne ligulaire libre; mais bientôt, en alternance avec les carpelles, la paroi externe et la colonne se soudent avec concrescence, laissant entre elles désormais, en superposition avec les carpelles, autant de logettes de bonne heure oblitérées. C'est dans l'angle interne, plus ou moins saillant, de chacune de ces logettes que se forme d'abord une macrodiode et plus tard un prothalle femelle. Les carpelles sont donc ici fermés et, dans le pistil puriloculaire ainsi constitué, la placentation peut être dite *axile*. C'est l'alliance des *Elytranthales*.

Cette division de l'ordre des Loranthinées en quatre alliances, d'après la structure du pistil, est résumée dans le Tableau suivant :

LORANTHINÉES. Pistil innucellé	polycarpelle et gamocarpelle à carpelles	fermés. Placentation axile.....		*Elytranthales.*
		ouverts. Placentation	centrale ..	*Nuytsiales.*
			basilaire..	*Loranthales.*
	monocarpelle à carpelle ouvert.....			*Balanophorales.*

Comment chacune des quatre alliances ainsi définies se décompose-t-elle en familles? C'est ce qui reste à examiner, en suivant la marche ascendante de la complication du pistil.

L'alliance où le pistil est le plus simple, celle des Balanophorales, ne comprend, comme on sait, que deux familles : les *Balanophoracées*, où la fleur femelle est dépourvue de périanthe, avec un prothalle femelle recourbé en U et basigame, et les *Langsdorfiacées*, où la fleur femelle a un périanthe simple, concrescent au pistil jusqu'à la base du style, avec un prothalle femelle droit et acrogame (¹).

Dans l'alliance des Loranthales, les fleurs sont parfois unisexuées et monopérianthées. Si alors, dans la fleur mâle, les anthères sont concrescentes aux sépales et pourvues d'un nombre plus ou moins grand et indéterminé de sacs polliniques arrondis et poricides, c'est la famille des *Viscacées*. Si les anthères sont libres et munies seulement de quatre sacs polliniques s'ouvrant en long, c'est la famille des *Erémolépidacées*. Le plus souvent les fleurs sont hermaphrodites et dipérianthées, avec un calice toujours gamosépale. Si alors la corolle est dialypétale, c'est la famille des *Loranthacées*, d'où l'alliance tire son nom. Si elle est gamopétale, c'est la famille des *Dendrophthoacées*. Cette seconde alliance se trouve ainsi composée de quatre familles.

Chez les Nuytsiales, tantôt les fleurs sont unisexuées et monopérianthées. Si alors la fleur femelle est dépourvue de périanthe et si, dans la colonne placentaire, les prothalles femelles sont terminaux, droits et acrogames, c'est la famille des *Hélosacées*, qui diffère encore de toutes les autres par son parasitisme sur racines et par l'absence de chlorophylle. Si la fleur femelle possède un périanthe et si dans le placente central les prothalles femelles sont latéraux, recourbés vers le haut et basigames, c'est la famille des *Razoumovskiacées*. Tantôt les fleurs sont bisexuées et dipérianthées avec calice gamosépale et corolle dialypétale, c'est la famille des *Nuytsiacées*, d'où l'alliance tire son nom. Cette troisième alliance comprend de la sorte trois familles.

Chez les Elytranthales, les fleurs sont parfois unisexuées et monopérianthées; en même temps, le prothalle femelle né dans le saillant de l'angle interne de chaque logette y descend d'abord, puis s'incurve en dehors

---

(¹) Ph. van Tieghem, *Sur les Inovulées*. 1re Partie : *Ordre des Loranthinées. Alliance des Balanophorales* (*Ann. des Sciences nat.*, 9e série : *Bot.*, t. VI, 1907, p. 140).

sous la logette et remonte sur sa face opposée à la rencontre du tube pollinique, de sorte qu'il y a basigamie : c'est la famille des *Ginallacées*. Le plus souvent, les fleurs sont bisexuées et dipérianthées; en même temps, le prothalle femelle né à la base du saillant de l'angle interne de chaque logette s'allonge vers le haut en demeurant inclus dans le saillant, de manière qu'il y a encore basigamie. Si alors la corolle est dialypétale, lorsque le fruit est, comme d'ordinaire, une baie, c'est la famille des *Treubaniacées;* lorsque le fruit est, par exception, une drupe, c'est la famille des *Gaïadendracées*. Si la corolle est gamopétale, lorsque l'inflorescence est nue, comme d'ordinaire, c'est la famille des *Elytranthacées*, qui a donné son nom à l'alliance; lorsque l'inflorescence est, par exception, enveloppée d'écailles, c'est la famille des *Lépidariacées*, qui occupe le sommet de la série. Cette quatrième alliance se trouve ainsi composée de cinq familles.

Le Tableau suivant résume la composition de l'ordre des Loranthinées en quatre alliances et quatorze familles :

LORANTHINÉES. Pistil innucellé, polycarpelle et gamocarpelle. Placentation	axile. Fleurs ELYTRANTHALES.	bisexuées, dipérianthées. Corolle	gamopétale. Inflorescence	enveloppée :	*Lépidariacées.*
				nue :	*Elytranthacées.*
			dialypétale.	Drupe :	*Gaïadendracées.*
				Baie :	*Treubaniacées.*
		unisexuées, monopérianthées			*Ginallacées.*
	centrale. Fleurs NUYTSIALES.	bisexuées, dipérianthées. Corolle dialypétale			*Nuytsiacées.*
		unisexuées, monopérianthées. Prothalle femelle	droit et acrogame :		*Hélosacées.*
			courbe et basigame :		*Razoumovskiacées.*
	basilaire. Fleurs LORANTHALES.	bisexuées, dipérianthées. Corolle	gamopétale :		*Dendrophthoacées.*
			dialypétale :		*Loranthacées.*
		unisexuées, monopérianthées. Anthères	libres, tétrathèques :		*Erémolépidacées.*
			concrescentes, polythèques :		*Viscacées.*
	monocarpelle, à carpelle ouvert. Prothalle femelle BALANOPHORALES.		droit et acrogame		*Langsdorfiacées.*
			courbe et basigame		*Balanophoracées.*

2. *Anthobolinées.* — Défini, comme il a été dit plus haut, par la présence d'un nucelle inséré directement sur le carpelle, sans interposition d'un ovule, l'ordre des Anthobolinées se trouve pour le moment très réduit, ne comprenant encore qu'une seule petite famille, celle des Anthobolacées. La fleur y est bisexuée et monopérianthée. Le pistil y est supère, formé de plusieurs carpelles ouverts, dont un seul porte sur sa base un nucelle, dressé dans la loge unique de l'ovaire.

En somme, la sous-classe des Inovulées comprend aujourd'hui quinze familles, réparties très inégalement en deux ordres, les Loranthinées avec quatorze familles, les Anthobolinées avec une seule.

3. *Essais antérieurs de classification des Inovulées.* — Depuis que l'existence en a été établie, le groupe des Inovulées a fait l'objet de plusieurs essais de classification, qu'il paraît utile de rappeler ici pour en marquer les progrès.

D'abord, en 1897, présentant à l'Académie un court résumé de l'ensemble de mes recherches sur les Endoprothallées ou Phanérogames qui, étant dépourvues de graines, forment le groupe des Inséminées, j'ai montré qu'il y en a de deux sortes. Les unes n'ont pas de graines parce qu'elles n'ont pas d'ovules, ce sont les Inovulées; les autres parce que les ovules y sont transitoires, ce sont les Transovulées (¹). Limitant alors moins strictement qu'aujourd'hui la définition de l'ovule, je concédais ce nom à la protubérance invasculaire et nue qui, chez les Anthobolacées, est insérée directement sur la base du carpelle et qui n'est en réalité qu'un simple nucelle; en conséquence, je rattachais ces plantes au groupe des Transovulées. Dès lors, les Inovulées, étant toutes privées de nucelle, ne formaient qu'un seul ordre. D'après l'organisation générale de la fleur, cet ordre était alors partagé d'abord en deux alliances seulement, les Viscales, à fleurs unisexuées et monopérianthées, et les Loranthales, à fleurs bisexuées et dipérianthées; puis, chacune d'elles était divisée en cinq familles, d'après le périanthe et d'après le pistil.

Peu de temps après, en 1898, conservant encore les Anthobolacées parmi les Transovulées, on a subdivisé d'abord l'ordre des Inovulées en quatre alliances d'après la conformation générale de la fleur et d'après le périanthe, puis chacune d'elles en familles d'après le pistil; en même temps le nombre des familles était élevé de dix à onze (²).

Plus tard, en 1901, après avoir reporté les Anthobolacées parmi les Inovulées, il a fallu faire de ce groupe une sous-classe et y distinguer deux ordres, les Inovulées innucellées, qui sont toutes les Inovulées de 1897, et

---

(¹) Ph. van Tieghem, *Sur les Phanérogames sans graines formant le groupe des Inséminées* (*Comptes rendus*, t. CXXIV, 22 mars 1897, p. 590) et *Sur les Inséminées sans ovules formant la subdivision des Inovulées ou Loranthinées* (*Ibid.*, 29 mars 1897, p. 655).

(²) Ph. van Tieghem, *Éléments de Botanique*, 3e édition, t. II, 1898, p. 267 et suiv.

les Inovulées nucellées, qui ont pour type les Anthobolacées [1]. En même temps, dans le pistil à colonne libre, on était conduit à considérer la colonne, parce qu'elle est invasculaire, non plus comme un placente central, mais comme résultant de la concrescence totale d'autant de nucelles basilaires que le pistil a de carpelles et, dès lors, on devait ranger les familles où le pistil possède une telle colonne à côté des Anthobolacées dans l'ordre des Inovulées nucellées; il comprenait ainsi cinq familles, tandis que l'ordre des Inovulées nucellées était réduit à sept. Ce nouvel arrangement a été conservé d'abord en 1906 [2], puis en 1907 [3]. Aujourd'hui, revenant, au sujet de la colonne libre du pistil, à la manière de voir de 1897, la regardant de nouveau, malgré l'absence de tout système vasculaire, comme placentaire et non plus comme nucellaire, on replace, en conséquence, les familles qui possèdent cette colonne dans l'ordre des Inovulées nucellées. En outre, puisque les quatre alliances qui constituent aujourd'hui l'ordre des Loranthinées sont définies exclusivement, comme on l'a vu plus haut, par la structure du pistil, les familles à placentation centrale ainsi déplacées doivent y former une alliance distincte, celle des Nuytsiales. Toutefois, si l'on considère que, chez les Ginallacées, la colonne centrale n'est pas libre tout autour, mais bien concrescente à la paroi externe en deux places opposées, de manière à fermer les deux carpelles et à rendre l'ovaire biloculaire avec placentation axile, on est conduit à classer désormais cette famille, non plus dans l'alliance des Nuytsiales, mais dans celle des Elytranthales, comme il a été fait plus haut.

Ensemble, par suite de l'addition de trois familles nouvelles, les Langsdorfiacées chez les Balanophorales, les Erémolépidacées chez les Loranthales et les Lépidariacées chez les Elytranthales, ces quatre alliances comprennent maintenant quatorze familles. C'est, comme on voit, par une série de retouches successives et de remaniements, que l'on est parvenu à donner à la vaste et difficile sous-classe des Inovulées sa constitution actuelle, qui paraît devoir être définitive, aussi longtemps du moins que de nouveaux matériaux ne seront pas venus, du côté des Anthobolinées notamment, en élargir le cadre.

---

(1) *L'œuf des plantes comme base de leur classification* (*Ann. des Sciences nat.*, 8e série : *Bot.*, t. XIV, 1901, p. 318).

(2) *Éléments de Botanique*, 4e édition, t. II, 1906, p. 343.

(3) *Sur les Inovulées* (*Ann. des Sciences nat.*, 9e série : *Bot.*, t. VI, 1907, p. 132).

PHILOSOPHIE NATURELLE. — *Sur la conservation des masses vraies, dans divers phénomènes, principalement lumineux, où apparaissent des masses fictives variables.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Mais arrivons [1] à une catégorie, non moins importante peut-être, de phénomènes, où une évaluation approchée de la partie la plus gênante des actions en jeu revient à accroître *fictivement* la masse des points *principaux*, de ceux dont les coordonnées figurent dans les calculs; en sorte que, si les actions ainsi éliminées, ou les particules d'où elles émanent, passent inaperçues, l'observation semblera indiquer, pour ces points principaux, des masses plus fortes que les vraies, et *variables suivant les cas*.

II. Le plus simple est le mouvement transversal, ou même longitudinal, d'une corde élastique, autour de laquelle on aurait préalablement enroulé, *sans le tendre* notablement, un fil très lourd, d'une masse comparable à la sienne par unité de longueur de la corde. Alors la partie de cette masse supplémentaire qui revêt un élément de longueur (ou *tronçon*) de la corde élastique, prend sans cesse, durant le mouvement vibratoire, l'accélération même de cet élément (à des écarts négligeables près); et, d'autre part, la force qui la meut, produit de sa masse par l'accélération dont il s'agit, représente, à très peu près exclusivement (en raison de la non-tension du fil), l'action du même élément sur elle, égale et contraire à la réaction qu'elle exerce sur lui. Donc la présence du fil enroulé ajoute aux forces mouvant l'élément de la corde une action égale et contraire au produit de la masse du fil par son accélération (pareille à celle de l'élément même), expression qui, changée de membre dans les équations du mouvement de la corde élastique, accroîtra fictivement le terme *force motrice* de celle-ci dans le rapport de la masse du fil à la sienne propre, ou reviendra à raisonner comme si le fil n'existait pas, mais avait incorporé purement et simplement sa masse à celle de la corde, sans en changer l'élasticité.

III. L'accroissement fictif de masse se produit encore, mais moins simplement, dans le problème des petites oscillations d'un pendule court, ou à période très brève, au sein d'un fluide en repos, cas où s'évanouit presque, eu égard à la petitesse excessive des vitesses, la partie de la résistance dépendant de ces dernières, tandis que les accélérations y sont sensibles et

---

[1] *Voir* le numéro précédent des *Comptes rendus*, p. 1639.

produisent sur le pendule, par le rapide changement de l'état de mouvement du fluide voisin, une réaction (découverte par du Buat) qui leur est sans cesse proportionnelle et de sens contraire. Seulement, les couches du fluide ambiant ne prenant ici qu'une fraction du mouvement du pendule décroissante avec leur proximité, tout se passe comme si la composante tangentielle du poids apparent du pendule dans le fluide avait à mouvoir avec le pendule même, *et autant que lui*, une *proue* et une *poupe fluides* dont le volume total a un *certain* rapport à son propre volume (*un demi*, par exemple, quand le pendule est sphérique), rapport d'ailleurs variable avec la forme du pendule et aussi, quand le pendule n'est pas de révolution autour de son axe vertical, avec la direction ou l'azimut des oscillations.

La masse du pendule ne s'accroît donc ici, fictivement, que d'une fraction, déterminée dans chaque cas et généralement inégale suivant les divers sens, de celle du fluide qu'il ébranle par ses mouvements alternatifs ([1]).

IV. Le précédent phénomène de résistance d'un fluide indéfini, à la translation relative d'un solide immergé à son intérieur, resterait évidemment le même si, c'était, au contraire, le fluide qui, autour du solide d'abord en repos, oscillât d'un mouvement *commun* (sauf au voisinage du solide que le fluide doit contourner). Or ce phénomène, sous la nouvelle forme ainsi considérée, offre le précieux avantage de servir très exactement de type à l'impulsion que l'éther impondérable, vibrant lumineusement, dans un corps, par ondes de très grande longueur comparativement aux intervalles moléculaires, exerce sur chaque molécule du corps, que tout

---

([1]) J'ai étudié très complètement cet intéressant phénomène, pour de petites translations quelconques (pendulaires ou autres) d'un solide au sein d'un fluide indéfini, dans un Mémoire que contient le Tome II (p. 199 à 264) de mon *Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences*. Les frottements intérieurs du fluide ajoutent, il est vrai, à cette partie de la résistance qui est proportionnelle à l'accélération, un terme en raison directe de la racine carrée de la période d'oscillation; et ils introduisent, en outre, une partie proportionnelle à la vitesse, comprenant elle-même un terme inverse de la racine carrée de la période; mais ces termes et la deuxième partie tout entière s'évanouissent, comparativement, quand la période devient assez brève.

Lorsque le mouvement, supposé toujours lent, du solide au sein du fluide, consiste en une translation non périodique, mais quelconque, la partie de la résistance due au frottement intérieur dépend, d'une manière très curieuse, non seulement de la vitesse actuelle, mais aussi de tous les changements, antérieurs, qui l'ont amenée peu à peu à sa valeur présente, et dont l'influence ne s'atténue qu'inversement à la racine carrée de leur ancienneté. C'est ce que j'avais reconnu déjà vers le commencement de 1885 (*Comptes rendus*, t. C, 6 avril 1885, p. 935).

fait supposer relativement très éloignée de ses voisines et assez bien assimilable à un solide unique, noyé de la sorte au sein d'un fluide indéfini qu'animerait un mouvement oscillatoire commun.

Même la partie de la résistance qui se trouve proportionnelle à la vitesse explique, avec une étonnante précision, les circonstances que présente l'absorption de la lumière par les cristaux translucides et par les métaux opaques [1].

V. Mais, dans la plupart des corps, eu égard à l'excessive brièveté des périodes vibratoires, qui annihile le rôle des vitesses, la seule partie notable de la résistance opposée par les molécules pondérables au mouvement lumineux est, du moins à une première approximation, celle qu'on peut supposer proportionnelle à l'accélération et sensiblement indépendante de la période. Or, la poussière atomique qu'est l'éther a si peu de densité, par rapport aux corps et surtout par rapport à leurs molécules, disséminées çà et là dans son intérieur, que ces molécules prennent, dans les phénomènes lumineux, une fraction notable des quantités de mouvement sans, pour ainsi dire, remuer; de sorte que l'accélération relative de l'ensemble de l'éther ambiant par rapport à elles peut être confondue avec son accélération absolue tout entière.

La perturbation du mouvement de l'éther, causée par chaque molécule pondérable dans le voisinage immédiat de celle-ci, équivaut donc, sur l'ensemble de cet éther ambiant et, d'abord, quand la molécule est sphérique ou *isotrope*, a une réaction exprimée par le produit d'une masse proportionnelle au volume de la molécule et de l'accélération générale de cet éther ambiant, réaction de sens d'ailleurs opposé à la même accélération. Et lorsque, au contraire, la molécule est *hétérotrope* ou non sphérique, elle admet toujours trois directions rectangulaires, suivant chacune desquelles la réaction équivaut encore, à part le signe, au produit d'une masse proportionnelle au volume de la molécule par l'accélération de même sens de l'ensemble de l'éther, mais avec trois coefficients de proportionnalité diffé-

---

[1] Voir, par exemple, le Tome II de ma *Théorie analytique de la chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et avec la théorie mécanique de la lumière* (p. 371 à 380, 481 à 493, 583 à 587, 600 à 625) et, dans le *Bulletin des Sciences mathématiques* (2e série, t. XXIX, mai 1905), mon Mémoire *Sur l'existence d'un ellipsoïde d'absorption dans tout cristal translucide, même sans plan de symétrie ni axe principal, et sur la construction des rayons lumineux dans les milieux opaques.*

rents, vu la non-parité de forme de la molécule par rapport aux trois axes. On peut donc raisonner comme si la perturbation locale due à la molécule n'existait pas, mais que l'éther ambiant eût éprouvé, dans les trois équations de mouvement relatives aux axes principaux considérés, trois accroissements de masse bien définis.

VI. En superposant toutes les réactions analogues, exercées sur un élément de volume d'éther par les molécules qui s'y trouvent immergées, on forme des équations de mouvement pareilles à celles qui auraient régi cet éther sans la présence des molécules pondérables, si, gardant en tous sens l'élasticité de l'éther libre isotrope, il avait eu sa densité accrue, suivant trois certains axes de symétrie de résistance relatifs à l'ensemble, de trois petites fractions *déterminées* des densités partielles afférentes à chaque espèce de molécules du corps.

Ainsi s'explique naturellement l'hypothèse de Fresnel, attribuant à l'éther de tout corps isotrope même élasticité qu'à l'éther libre, mais une densité plus grande. Fresnel paraît avoir parfois pressenti que cette supposition d'une densité plus grande revenait à tenir compte de la participation de la matière pondérable au mouvement vibratoire, ou, ce qui revient au même, de ses résistances d'*inertie*, alternativement positives et négatives.

Si ces pressentiments étaient devenus plus nets dans son esprit, il n'aurait pas eu besoin de chercher d'autres bases, contradictoires à celles-là et reconnues depuis longtemps inadmissibles, pour expliquer la biréfringence. Car des accroissements purement fictifs de masse pouvant être différents, dans les trois équations de mouvement, quand les molécules ont des formes inégalement résistantes suivant les divers sens, il aurait admis pour l'éther des cristaux *trois* densités distinctes : ce qui conduisait justement aux véritables et définitives équations de la biréfrigence, acceptées aujourd'hui par tout le monde.

Mais, faute d'une vue assez précise de la *nature fictive* des densités paraissant manifestées ainsi par l'éther dans les divers corps, son bon sens n'a pu que reculer devant l'absurdité d'attribuer plusieurs masses distinctes à une seule et même matière.

VII. Le mouvement vibratoire lumineux dans les corps transparents semble donc, quand on y oublie le rôle de la matière pondérable, mettre en défaut, de plusieurs manières, le principe de la constance de la masse, savoir, en y accroissant dans des rapports notables la densité apparente de l'éther, et en l'accroissant inégalement, chez les cristaux biréfringents, pour

les mouvements effectués suivant les divers axes dits (à tort) d'*élasticité*. Il est vraisemblable même que cette densité apparente dépendrait en outre de la vitesse actuelle de l'éther, si la petitesse supposée des déplacements ne permettait pas de réduire les équations à la forme linéaire, par la suppression des carrés et des produits de ces déplacements ou de leurs dérivées.

Il me reste à parler d'un phénomène où, les vitesses à considérer devenant énormes, les masses fictives qui se joignent à la masse vraie pour exprimer des actions *oubliées* croissent, en effet, très vite avec la vitesse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chaleur rouge sur la formaldéhyde.* Note de M. **Armand Gautier**.

Ayant remarqué que lors de la réduction de l'oxyde de carbone par l'hydrogène au rouge, il apparaît une trace de formaldéhyde [1], j'ai pensé que ce corps pouvait disparaître peut-être en partie aux températures élevées, en cédant son oxygène aux réducteurs et donner ainsi des polymères de CH^2.

J'ai donc fait passer directement de la vapeur de formol dans un tube de porcelaine porté à 800°. Cette vapeur était obtenue en chauffant directement du trioxyméthylène sec et pur à 180°-200° et entraînant la vapeur de formol ainsi produite par un lent courant d'hydrogène. 12 grammes de trioxyméthylène, chauffés dans un tube de verre sur une petite grille, n'ont laissé qu'un résidu légèrement goudronneux insignifiant. Après passage au rouge à travers le tube de porcelaine, les vapeurs étaient condensées dans un flacon entouré de glace et de sel et les gaz recueillis. Il ne s'est fait ainsi aucun hydrocarbure condensable; une partie du formol passe sans se décomposer et se retransforme ensuite lentement en trioxyméthylène dont on n'a pu retirer aucun hydrocarbure par l'éther ou l'alcool. On a recueilli 7 litres environ d'un gaz composé pour 100 parties de :

CO	44,03 [2]
H	55,63
CH^4	0,34
CO^2	traces [3]

(1) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1567 et 1568.

(2) On avait enlevé la totalité de CO par le Cu^2Cl^2 d'abord, puis par passage sur I^2O^5 à 100°.

(3) Il est intéressant de rappeler que MM. D. Berthelot et H. Gaudechon viennent

En tenant compte de 630^{cm^3} d'hydrogène ayant servi à entraîner les vapeurs de formol, le produit de sa décomposition au rouge est donc formé pour 100 volumes de

CO	48,35
H	50,55
CH^4	0,37

Il ne reste ni charbon ni goudron dans le tube de porcelaine; à peine, à l'entrée, une coloration brune légère.

La décomposition du formol au rouge (600° à 700°) se fait donc très sensiblement suivant l'équation

$$CH^2O = \underset{2^{vol}}{CO} + \underset{2^{vol}}{H^2}.$$

J'ai pensé que peut-être un réducteur plus énergique, et particulièrement le fer qui joue un si grand rôle dans les phénomènes géologiques, pourrait au rouge enlever l'oxygène au formol et donner ainsi naissance aux pétrolènes d'après une réaction telle que la suivante :

$$3CH^2O + 3Fe = 3FeO + C^3H^6.$$

L'expérience n'a pas confirmé cette hypothèse : 12^g de trioxyméthylène dépolymérisé à 180°, dont on entraînait les vapeurs par un lent courant d'hydrogène à travers un long faisceau serré de fils de clavecin portés à 650°, ont donné seulement un mélange de CO et H^2 presque à volumes égaux accompagnés de 0,8 pour 100 de méthane. Il ne se produit encore ici aucun gaz absorbable par le brome, ni aucun hydrocarbure condensable à froid.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Alexandre Agassiz*, décédé.

---

de montrer que, par l'action des rayons ultraviolets et par la lampe à vapeur de mercure, l'aldéhyde formique se décompose également en oxyde de carbone et hydrogène avec un peu de méthane et d'acide carbonique (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1692).

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

Sir William Ramsay obtient	37	suffrages
M. Ray Lankester »	3	»

Sir **William Ramsay**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

MÉMOIRES LUS.

SISMOLOGIE. — *Sur un nouveau type de sismographe pour la composante verticale*, par M. **B. Galitzine**.

L'étude de la composante verticale des mouvements sismiques du sol est de la plus haute importance pour la Sismologie moderne de précision. En effet, en combinant cette composante avec les valeurs absolues des déplacements horizontaux du sol, mesurés au moyen de pendules appropriés, on peut parvenir à déterminer l'angle d'émergence des rayons sismiques, et par là contribuer à élucider la question du trajet des rayons sismiques à l'intérieur du globe terrestre, c'est-à-dire jeter ainsi de la lumière sur la distribution de ses différentes couches internes. Malheureusement jusqu'à présent il y a fort peu de stations sismiques munies de sismographes pour l'étude de la composante verticale. Pour cette raison j'ai construit récemment un nouvel appareil de ce genre, auquel j'ai appliqué les mêmes principes qu'à mes pendules horizontaux, savoir l'apériodicité complète du mouvement propre de l'appareil au moyen d'un fort amortissement magnétique et l'enregistrement galvanométrique : celui-ci comporte non seulement une très haute sensibilité et l'enregistrement à distance, mais rend complètement inutile tout appareil de compensation pour la température, vu qu'au moyen de la méthode galvanométrique on enregistre non les déplacements de l'appareil sous l'influence du mouvement du sol, mais les vitesses correspondantes.

La figure 1 représente un dessin schématique et la figure 2 une reproduction photographique de l'appareil en question.

Un double cadre OBK, portant une masse cylindrique M d'environ 24^{kg}, est mobile autour d'un axe horizontal O, constitué par de petits ressorts plats en acier. Le levier OK est retenu dans une position horizontale au moyen d'un fort ressort spiral AB en acier. Les deux points fixes A et O sont reliés au support de l'appareil ADEF. Le

réglage exact de l'appareil se fait au moyen d'un petit poids mobile non marqué sur la

Fig. 1.

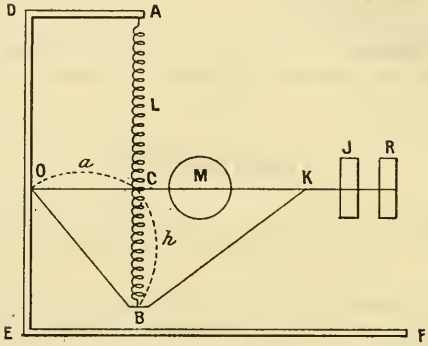
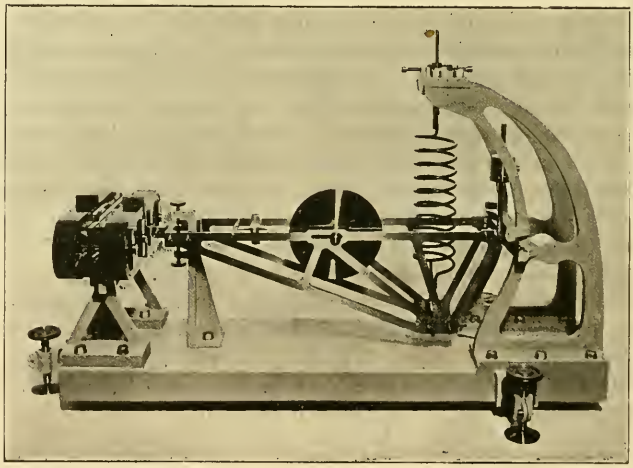


figure. I est un petit cadre contenant les bobines d'induction pour l'enregistrement

Fig. 2.



galvanométrique et R une plaque en cuivre pour l'amortissement magnétique. I et R se trouvent entre les pôles de forts aimants permanents.

Désignons par L la longueur du ressort (environ $37^{cm},5$) et par P la force de traction du ressort. P est d'environ 57^{kg}.

Le rapport $\beta = \frac{\Delta P}{\Delta L}$ est une constante qui dépend des propriétés élastiques du ressort.

Soient encore : T la période propre d'oscillation de l'appareil (sans amortissement), ε une constante qui dépend de la valeur de l'amortissement, g l'accélération de la pesanteur, l la longueur réduite de l'appareil $\left(\frac{\sum mr^2}{\sum mr}\right)$, c'est-à-dire la longueur d'un pendule vertical mathématique correspondant. En désignant les distances OC et CB par a et h, par θ la déviation angulaire du système de sa position d'équilibre, par k le moment d'inertie du système par rapport à l'axe de rotation, par z le déplacement vertical du sol et en appliquant les principes de la Mécanique, on trouve facilement que θ doit satisfaire à l'équation différentielle suivante :

$$\theta'' + 2\varepsilon\theta' + n^2\theta + \frac{z''}{l} = 0, \tag{1}$$

où

$$T = \frac{2\pi}{n} \tag{2}$$

et

$$n^2 = \frac{\beta}{k}a^2 - \frac{g}{a}\frac{h}{l}\left(1 - \frac{h}{L}\right). \tag{3}$$

La formule (3) montre qu'en fixant la partie inférieure du ressort AB au-dessous du levier OK et en diminuant a, on peut facilement allonger la période propre de l'appareil, ce qui offre bien des avantages.

J'ai très facilement réalisé $T = 13^s$.

Si l'on relie maintenant ce sismographe à un galvanomètre apériodique de période propre (sans amortissement) $T_1 = \frac{2\pi}{n_1}$, on trouve facilement, pour l'angle de déviation du galvanomètre, φ, l'équation suivante :

$$\varphi'' + 2n_1\varphi' + n_1^2\varphi + k\theta' = 0, \tag{4}$$

où k est le coefficient de transformation qui détermine la sensibilité de l'appareil.

Supposons maintenant une onde sismique, dont la composante verticale z, répondant à l'équation

$$z = z_m \sin\left(2\pi\frac{t}{T_p} + \delta\right), \tag{5}$$

vienne frapper notre sismographe.

Désignons par y l'amplitude du point lumineux sur le cylindre enregistreur par rapport à sa position d'équilibre, et par A_1 la distance du miroir du galvanomètre à la surface du cylindre tournant.

Posons encore

$$u = \frac{T_p}{T}, \qquad u_1 = \frac{T_p}{T_1}, \qquad f(u) = \left(\frac{2u}{1+u^2}\right)^2 \qquad \text{et} \qquad \mu^2 = 1 - \left(\frac{\varepsilon}{u}\right)^2.$$

On trouve que la courbe décrite par le galvanomètre, si le temps t n'est pas trop petit, a exactement la même période T_p que l'onde sismique correspondante. Quant à l'amplitude maximum y_m du mouvement galvanométrique, elle est reliée à l'amplitude cherchée z_m du mouvement du sol par l'équation suivante :

$$z_m = \frac{\pi l}{k A_1}(1+u_1^2)(1+u^2)\sqrt{1-\mu^2 f(u)}\,\frac{y_m}{T_p}. \tag{6}$$

C'est la formule fondamentale qui permet de déterminer les valeurs *absolues* du mouvement vertical du sol. Elle est identique à celle que j'ai donnée antérieurement pour un pendule horizontal. Les différentes constantes qui y entrent se laissent facilement déterminer par l'expérience. Si l'appareil est placé à la limite de l'apériodicité, $\mu^2 = 0$. Si, en outre, on fait $T = T_1$, ce qui est avantageux, on a

$$z_m = \frac{\pi l}{k A_1}(1+u^2)^2\,\frac{y_m}{T_p}. \tag{7}$$

L'agrandissement $V = \frac{y_m}{z_m}$ dépend, comme dans tous les appareils sismiques, de T_p, mais pour ce sismographe-ci V est particulièrement grand.

En effet on a

$$k = 229, \qquad l = 378^{mm},6, \qquad T = 13^s.$$

En prenant A_1 égal seulement à 1^m, on trouve pour V les valeurs suivantes :

T_p.	V.
s	
1,0	190
2,5	468
5,0	730
7,5	813
10,0	760
12,5	649
15,0	531
17,5	425
20,0	340

On voit ainsi que ce sismographe comporte une très haute sensibilité.

Pour vérifier l'application de la formule (6), j'ai placé ce sismographe sur une plate-forme mobile qui pouvait osciller verticalement, et dont j'ai mesuré assez exactement le déplacement vertical z_m au moyen d'un système de leviers; z_m était toujours égal à $0^{mm},101$.

Or j'ai déduit aussi la valeur de z_m des courbes décrites par mon galvanomètre et j'ai trouvé pour différentes périodes T_p les valeurs suivantes :

T_p.	z_m [calculé d'après la formule (6)].
s	mm
2,72	0,102
3,04	0,102
3,61	0,101
3,66	0,101
5,82	0,104
6,24	0,105
10,33	0,111
12,85	0,110
13,86	0,101
14,52	0,107

On voit que l'accord entre les valeurs correspondantes de z_m est très satisfaisant. Les écarts n'ont jamais dépassé que quelques microns.

Il se présente un autre moyen de vérifier la théorie précédente. La formule (3) donne la possibilité de déterminer la valeur du coefficient β. On trouve $\beta = 33.10^5$ C. G. S.

Or β peut être déterminé directement en suspendant le ressort librement, ajoutant graduellement des poids et en déterminant l'allongement correspondant. On trouve alors $\beta = 32.10^5$ C. G. S.

La théorie de l'appareil fait encore prévoir qu'il y a toujours une différence de phase entre le maximum du mouvement de la plate-forme et le maximum de l'élongation du galvanomètre. Cette différence peut être calculée et observée directement. L'écart entre ces deux valeurs n'a jamais dépassé $0^s,4$.

L'ensemble de ces faits permet de supposer que ce genre de sismographe pour la composante verticale peut rendre des services dans la sismométrie de précision.

CORRESPONDANCE.

MM. **Émile Brumpt**, **William-Wallace Campbell** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Koninklijk nederlandsch meteorologisch Institut. *Observations océanographiques et météorologiques près du cap Guardafui.*

2° *Lectures on the theory of elliptic functions*, by Harris Hancock. Volume I. *Analysis.*

3° *Die principien der Mechanik*, 2e édition du Tome III des *Œuvres de* Herz, éditée par M. Lenard.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclat de la comète de Halley et la composition de sa lumière.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Maurice Hamy.

Parmi les mesures que j'ai réalisées sur le noyau de la comète de Halley, au moyen de mon photomètre stellaire hétérochrome adapté au petit équatorial coudé de l'Observatoire, celles des 25 avril, 15 mai et 23 mai ont été faites dans des conditions atmosphériques particulièrement favorables.

Les principaux résultats de ces observations qui ont été rapportées à des étoiles voisines de la comète et convenablement choisies, peuvent se résumer ainsi :

1° L'éclat du noyau exprimé en grandeurs stellaires a été trouvé respectivement égal à + 6,83 le 25 avril, + 5,14 le 15 mai, et 5,77 le 23 mai.

D'autre part l'éclat global de la tête, exprimé de la même façon, a été respectivement aux trois dates précédentes estimé égal à + 3 (le 25 avril par Pechüle), à + 1 (le 15 mai par Eddie) et à + 1,9 (le 23 mai par moi). On en déduit facilement en appliquant la loi de Pogson, et en tenant compte de ce que la différence de grandeur stellaire de la tête et du noyau était à ces trois dates égale à 3,84, à 3,83 et à 4,14, que *le noyau ne contribuait que pour un trente-septième environ à la lumière totale émise par la tête de la comète.*

2° En partant de là et en utilisant les mesures faites par divers observateurs (et notamment par MM. Luizet et Guillaume), des diamètres apparents respectifs du noyau et de la chevelure, on peut déterminer facilement le rapport de leurs éclats moyens par unité de surface. On trouve ainsi que vers le 15 mai l'*éclat intrinsèque moyen du noyau était environ* 19 *fois plus grand que celui de la partie visible de son atmosphère.*

3° On calcule habituellement l'éclat théorique des comètes en fonction de leurs distances r au Soleil et Δ à la Terre en le supposant proportionnel à $\frac{1}{r_2 \Delta_2}$, ce qui s'est trouvé à peu près vérifié pour un certain nombre de comètes antérieures. Si, en partant de la valeur de l'éclat du noyau telle que je l'ai déterminée le 25 avril (et en supposant à cette date la valeur théorique égale à la valeur observée), on calcule ses valeurs théoriques pour les dates de mes observations ultérieures, on trouve que les différences « Observation — Calcul » exprimées en grandeurs stellaires ont pour valeurs : le 25 avril 0,00; le 14 mai + 0,59; le 23 mai + 1,57. Il s'ensuit que *l'éclat du noyau de la comète a, entre le* 25 *avril et le* 23 *mai, augmenté d'une quantité beaucoup moins grande que ne le voulait la théorie habituelle.*

4° Des mesures faites à travers les écrans colorés du photomètre le 15 et le 23 mai, il résulte, toutes réductions faites, qu'à ces deux dates les valeurs de $\log \frac{R}{B}$ (j'ai défini cette quantité dans mes Notes antérieures) correspondant au noyau cométaire étaient — 0,653 et — 0,680. Je rappelle que j'ai trouvé pour le Soleil $\log \frac{R}{B} = -0,690$ (température effective = 5320°) et pour Aldébaran $\log \frac{R}{B} = -0,388$ (température effective = 3500°), et que l'erreur probable sur ces résultats est de l'ordre de ± 0,020. Il s'ensuit donc les conséquences suivantes : la répartition de l'énergie dans le spectre

continu du noyau de la comète de Halley est, aux erreurs d'expériences près, très sensiblement la même que dans le spectre solaire. *Cela tend à prouver que la lumière du noyau est presque exclusivement sinon entièrement de la lumière solaire réfléchie.*

ASTRONOMIE. — *Observations photographiques d'une petite planète.* Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

Nous avons pu obtenir de la petite planète découverte sur un cliché de la Carte du ciel du 3 mars (*Comptes rendus*, t. 150, p. 672) 5 positions photographiques que nous donnons ci-dessous.

Si la recherche photographique d'une petite planète est souvent plus aisée que la recherche visuelle, par contre les calculs de réduction auxquels elle conduit sont incomparablement plus longs, et donnent à la méthode photographique une infériorité notable sur l'autre. On peut très notablement réduire ces calculs en prenant soin de donner aussi longtemps que possible le même centre aux clichés successifs sur la planète. Il suffit alors de réduire complètement un seul cliché du groupe; et des formules tout à fait simples et immédiates permettent de calculer les coordonnées rectangulaires qu'auraient les images de la planète si les clichés où elles se trouvent avaient les mêmes éléments que le cliché réduit. Ayant ces coordonnées et les éléments du cliché réduit, on calcule les coordonnées polaires par les méthodes ordinaires. Si le centre commun des clichés du groupe est celui d'un des clichés du Catalogue photographique, on n'a même plus d'éléments à calculer, le Catalogue photographique les donne.

Soient Δb la différence des orientations du cliché de la planète (I) et du cliché réduit (II); Δx_1, Δy_1 les différences des coordonnées des images de la planète et d'une étoile voisine sur le cliché I; Δx_2, Δy_2 les valeurs qu'auraient ces différences si I avait les mêmes éléments que II; on a, en supposant que la différence des échelles des deux clichés soit faible,

$$(1)\qquad \begin{cases} \Delta x_2 = \Delta x_1 - \Delta b\,\Delta y_1, \\ \Delta y_2 = \Delta y_1 + \Delta b\,\Delta x_1. \end{cases}$$

On prendra, pour déterminer Δx_2, une étoile ayant à peu près même ordonnée que la planète et, pour déterminer Δy_2, une étoile ayant à peu près même abscisse. Δx_1 et Δy_1 étant alors très petits, il suffira de déterminer une valeur grossièrement approchée de Δb.

Si la différence des échelles des deux clichés est trop grande ou mal connue, on interpolera les coordonnées de la planète entre celles de deux étoiles de comparaison. Si Δx_1, Δx_2, Δy_1, Δy_2 sont les différences des coordonnées des deux étoiles sur les deux clichés, $\Delta\xi_1$, $\Delta\xi_2$, $\Delta\eta_1$, $\Delta\eta_2$ les différences de coordonnées d'une étoile et de la planète, on a

$$(2)\qquad \frac{\Delta\xi_2}{\Delta x_2} = \frac{\Delta\xi_1 - \Delta b\,\Delta\eta_1}{\Delta x_1 - \Delta b\,\Delta y_1}, \qquad \frac{\Delta\eta_2}{\Delta y_2} = \frac{\Delta\eta_1 + \Delta b\,\Delta\xi_1}{\Delta y_1 + \Delta b\,\Delta x_1}.$$

On choisira, pour déterminer $\Delta\xi_2$ et $\Delta\eta_2$, deux couples d'étoiles différents, l'un de même ordonnée et l'autre de même abscisse que la planète.

Des 5 clichés que nous avons pu faire sur la planète, les 4 premiers ont même centre; le second et le cinquième seuls ont été réduits complètement avec sept étoiles de repère. Les positions tirées des autres clichés ont été obtenues par l'application des formules (1) (clichés 2340 et 2346) ou (2) (cliché 2344); de nombreuses vérifications nous ont indiqué que les deux groupes de formules donnaient des résultats exacts, aux erreurs de mesure près, mais à condition de ne pas prendre comme étoiles de comparaison des étoiles trop faibles.

Le cliché 2349 a été réduit par M. G. Demetresco; une pose de ce cliché avait été prise par M. L. Maneng.

Voici les coordonnées équatoriales déduites pour 1900,0, qui doivent remplacer et compléter les coordonnées provisoires publiées à la page 672 de ce Volume :

Numéro du cliché.	Époques. (Temps moyen de Paris).	Ascension droite.	Déclinaison.
		h m s	° ′ ″
2340....	1910. Mars 3 9.50.53	8.42.34,92	+17. 8.50,2
	10.18.49	8.42.34,09	+17. 8.55,3
	10.46.44	8.42.33,39	+17. 8.59,6
2342....	Mars 5 10.29.54	8.41.21,04	+17.17. 6,6
	10.51.50	8.41.20,51	+17.17. 9,3
2344....	Mars 7 9.55. 7	8.40.14,71	+17.24.44,4
	10.25. 2	8.40.14,08	+17.24.48,8
	10.59.57	8.40.13,45	+17.24.51,0
2346....	Mars 8 13.17.36	8.39.38,96	+17.25.57,3
2349....	Mars 16 10.19.33	8.36.27,97	+17.54.13,0
		8.36.27,41	+17.54.17,6

MÉCANIQUE. — *Étude géométrique de la distribution des machines à distributeurs séparés.* Note de M. **L. Letombe**, présentée par M. H. Léauté.

L'emploi de distributeurs séparés commandés mécaniquement se généralise de plus en plus, non seulement dans les machines à vapeur, mais encore dans les machines thermiques, en général, les soufflantes et les compresseurs.

Quelles que soient les dispositions adoptées, il s'agit toujours, dans ces systèmes de distribution, de transmettre le mouvement alternatif d'un levier mû par un excentrique ou une came à un ou plusieurs distributeurs, en passant quelquefois par une série de leviers de renvois intermédiaires.

L'étude de tels modes de distribution avait paru jusqu'ici trop compliqué pour pouvoir être abordé dans toute sa généralité ([1]).

Mais tout dépend de la façon dont le problème est posé.

Si nous considérons, par exemple, le cas particulièrement compliqué d'une machine *Corliss*, à quatre obturateurs commandés par un seul excentrique, la Géométrie fournit le moyen d'arriver à une solution rigoureuse et complète du tracé de la distribution lorsqu'on se donne *a priori* l'angle de calage et la course de l'excentrique, les angles d'oscillation et l'orientation des leviers des obturateurs, la position du plateau intermédiaire de renvoi de mouvement et l'orientation des rayons de ce plateau sur lesquels devront se trouver les tourillons de bielles de commande des obturateurs.

Il ne reste plus, dans ces conditions, qu'à déterminer la longueur des leviers et des bielles constituant le mécanisme de transmission de mouvement.

Chaque obturateur décrit, dans son mouvement oscillatoire, deux angles adjacents à double parcours dont un seul est utile, et dont l'autre n'est qu'un angle de recouvrement. L'excentrique, de son côté, donne au plateau intermédiaire un mouvement oscillatoire qui, pour chacun des obturateurs, détermine également deux angles adjacents à double parcours, qui doivent correspondre exactement aux angles engendrés par le levier de l'obturateur considéré.

([1]) *Comptes rendus*, janvier 1888, Communication de M. H. Léauté.

Le problème à résoudre peut alors s'énoncer de la façon suivante :

Étant données deux paires d'angles adjacents décrits par des leviers orientés d'une façon quelconque dans un plan, déterminer la longueur de ces leviers et la longueur de leur bielle d'accouplement, de façon qu'à la double amplitude de l'un des leviers, corresponde exactement la double amplitude, fixée d'avance, pour l'autre levier.

Supposons le problème résolu.

Appelons α et β les angles adjacents du plateau, γ et δ ceux de l'obturateur [1]. Désignons par OD le levier de l'obturateur, et par PA le rayon du plateau faisant office de levier.

Considérons les leviers OD et PA lorsqu'ils sont respectivement dirigés suivant les côtés communs de leurs angles adjacents respectifs. Les positions extrêmes du levier OD sont OG et OC ; celles du rayon PA, PH et PB. La longueur de la bielle d'accouplement est DA.

Menons les bissectrices des angles α, β, γ, δ. Ces bissectrices se coupent deux à deux en des points K et K'.

En joignant le point K à G, D et H, A, et le point K' à D, C et A, B, on détermine des triangles tels que KGH et KDA qui sont égaux.

En retranchant des angles en K et K' de ces triangles, une partie commune, on voit que les angles OKD et PKA sont égaux entre eux et qu'il en est de même des angles DK'O et AK'P.

Si donc il ne s'agissait que de faire correspondre l'angle α à l'angle γ, il suffirait de choisir, par exemple, OD arbitrairement et de construire les angles égaux OKD et PKA pour trouver le point A permettant d'achever la construction du quadrilatère articulé ODAP. Si l'on répète les mêmes opérations pour les angles δ et β, on trouvera, par l'intersection des droites KA et K'A, un point qui ne sera pas nécessairement sur PA et en déplaçant le point D sur OD, le point A décrira un lieu géométrique qui, par son intersection avec PA, donnera le point A cherché.

Remarquons que, quelle que soit la position du point D sur OD, les angles DKA et DK'A sont toujours respectivement égaux aux angles fixes OKP et OK'P.

Le lieu des points A est donc donné par l'intersection de deux des côtés de deux angles de valeur constante tournant autour de deux points fixes, lorsque les deux autres côtés sont astreints à se couper suivant une droite.

On sait que, dans ces conditions, la rotation des angles donne naissance à des faisceaux homographiques et que le lieu cherché est une « conique », dont on connaît trois points et les tangentes en deux de ces points. La courbe se trouvant ainsi déterminée, il reste à trouver son intersection avec PA.

---

[1] Le lecteur est prié de faire la figure

Comme P fait partie du lieu, il y a toujours une solution et une seule. Les propriétés de l'hexagone de Pascal permettent alors de trouver le *point d'intersection* A sans tracer la conique et en faisant usage simplement de la règle et du compas.

Connaissant le point A, on en déduit la longueur PA et par la construction des angles égaux AKP et DKO, le point D qui fixe les longueurs du levier OD et de la bielle DA. En répétant la construction pour chacun des distributeurs, on achève le tracé de la distribution.

Remarquons que les hypothèses faites laissent au constructeur toute latitude dans le choix des phases de la distribution qu'il veut réaliser.

L'angle de calage de l'excentrique se déduit en effet de l' « avance à l'échappement » et du « degré de compression » adoptés. D'autre part, pour déterminer le mouvement angulaire des obturateurs et l'emplacement du plateau intermédiaire, il est toujours plus commode de ne se laisser guider que par des considérations de construction.

La solution est donc générale.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la propagation d'une discontinuité sur une ligne télégraphique munie d'un transmetteur.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. Jordan.

Il y a intérêt à avoir, sous forme numériquement calculable, l'expression du courant sur une ligne télégraphique indéfinie provenant de l'application brusque au départ de la ligne, à partir de l'origine du temps, d'un pôle d'une pile de force électromotrice constante, l'autre pôle à la terre et la pile reliée à la ligne par des appareils; la méthode d'intégration employée par M. H. Poincaré pour traiter de la période variable avec récepteur conduit simplement au but; je me propose de le montrer sur un exemple qui rentre dans les conditions pratiques d'exploitation.

Le transmetteur comprend en série une résistance R, une capacité A^{-1}, une self L; la ligne de résistance, capacité et self unitaires ρ, γ, λ, s'étend de $x = +0$ à $+\infty$; le tout à l'état neutre avant $t = 0$.

Par symétrie, rien ne sera changé sur la ligne réelle si le pôle opposé de la pile est supposé relié en $x = -0$ à l'image de la ligne réelle par l'intermédiaire d'appareils identiques, la force électromotrice étant doublée.

Nous devons supposer une rupture ou saut brusque d'amplitude $(-1, +1)$ à la pile pour l'oscillation isochrone e^{mt}, calculer l'amplitude de l'oscillation

isochrone de quantité d'électricité correspondante; d'où pour l'expression du courant sur la ligne provenant de la rupture permanente $(-1, +1)$ à la pile à partir de $t = 0$ une intégrale définie dans le plan des n, fonction paire de x, nulle pour $t^2 < \frac{x^2}{v^2}$ et qui pour $x > 0$, $t > \frac{v}{x}$ se ramène à

$$(1) \qquad e^{-\frac{t}{\tau}} \frac{1}{2i\pi} \int e^{\frac{n}{2}\left(\xi + \frac{1}{\xi}\right)} f(j) \frac{d\xi}{\xi},$$

avec, à un facteur numérique près,

$$(2) \qquad f(j) = \frac{j(1-j^2)}{j(1-j^2) + aj(1-j)^2 + 2bj^2 + c(1-j)} = \sum_{n=0}^{\infty} a_n j^n.$$

a, b, c proportionnels à R, A, L; l'intégrale étant prise dans le sens direct sur un cercle de rayon très grand et les notations de ma Note précédente (*Comptes rendus*, p. 1418) étant conservées, sauf qu'ici $j = -\frac{\xi}{\zeta}$.

Le courant est donc proportionnel à

$$(3) \qquad e^{-\frac{t}{\tau}} \sum_{n=0}^{\infty} a_n \zeta^n i^{\,n} J_n(iZ); \qquad Z = \sqrt{\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{x}{v\tau}\right)^2}.$$

J'appellerai $f(j)$ la fonction génératrice du courant.

Le potentiel (fonction impaire de x) aura pour fonction génératrice

$$\frac{1+j}{1-j} f(j).$$

Si L n'est pas nul, a_0 est nul; donc avec une self finie au départ, le potentiel et le courant seront continus au front de l'onde.

La courbe du courant pour $x = X$, X constant, temps en abscisse, partira de zéro pour $t = \frac{X}{v}$ avec un coefficient angulaire fini proportionnel à $e^{-\frac{X}{v\tau}}$; la courbe du courant pour $t = T$, T constant, x en abscisse, aura une ordonnée nulle pour $x = vT - 0$, avec un coefficient angulaire fini proportionnel à $-e^{-\frac{T}{\tau}}$.

Il y a rupture au front de l'onde pour les coefficients angulaires des courbes X de courant, T de potentiel, T de courant et X de potentiel (courant de déplacement), les fonctions génératrices correspondantes étant respectivement

$$\frac{(1-j)^2}{2j} f(j), \quad \frac{(1+j)^2}{2j} f(j), \quad \frac{1-j^2}{2j} f(j).$$

Au contraire avec $L = 0$ la rupture aura lieu pour le potentiel et le courant, comme en l'absence de transmetteur.

Je suppose dans ce qui suit $L = 0$.

Si R est nul, A très grand, de même ordre que la force de la pile, on retombe sur l'expression connue du courant correspondant à la communication au départ à l'origine du temps d'une charge instantanée; si A est fini, la suite (3) a un nombre infini de termes.

Soit maintenant R fini, la suite (3) a un nombre infini de termes, sauf dans deux cas particuliers remarquables pour l'un et l'autre desquels on a

$$R = \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}};$$

j'appelle $\sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}}$ résistance d'absorption.

1° Avec une résistance d'absorption, si la constante de temps de la résistance et du condensateur en série est égal à τ, le courant et le potentiel seront respectivement proportionnels à

$$e^{-\frac{t}{\tau}}[J_0(iZ) - \zeta^2 i^{-2} J_2(iZ)];$$
$$e^{-\frac{t}{\tau}}[J_0(iZ) + 2\zeta i^{-1} J_1(iZ) + \zeta^2 i^{-2} J_2(iZ)];$$

pour la quantité d'électricité qui aura traversé x de 0 à t,

$$a_0 = 0, \qquad a_1 = 1, \qquad a_n = 2 \qquad (n \geq 2).$$

2° Avec une résistance d'absorption et pas de condensateur ($A = 0$), le courant sera proportionnel à

$$e^{-\frac{t}{\tau}}[J_0(iZ) + \zeta i^{-1} J_1(iZ)],$$

et l'on aura respectivement pour le potentiel et la quantité d'électricité

$$a_0 = 1, \qquad a_1 = 3, \qquad a_n = 4 \qquad (n \geq 2),$$
$$a_0 = 0, \qquad a_n = 2n - 1 \qquad (n \geq 1).$$

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le poids atomique de l'émanation du radium.* Note de M. A. **Debierne**, présentée par M. G. Lippmann.

Des recherches assez nombreuses ont été effectuées dans le but de déterminer la grandeur moléculaire de l'émanation du radium ; mais les méthodes

qui ont été employées jusqu'à présent ne pouvaient pas conduire à des résultats très certains, et les nombres obtenus furent très différents les uns des autres.

La méthode que j'ai utilisée est plus sûre ; c'est une modification de l'ancienne méthode de Bunsen pour la détermination de la densité des gaz, basée sur la comparaison des vitesses d'écoulement des différents gaz à travers un petit trou percé dans une paroi mince. Dans la méthode de Bunsen on détermine généralement les durées d'écoulement de volumes égaux des différents gaz, à l'état pur, à la même température, et entre les mêmes limites de pression ; il est alors inutile de connaître la loi de variation de la vitesse d'écoulement du gaz pendant l'expérience. Il serait extrêmement difficile de procéder ainsi avec l'émanation du radium, et j'ai dû réaliser des conditions dans lesquelles l'écoulement du gaz s'effectue suivant une loi bien déterminée qui n'est pas modifiée par la présence d'un gaz étranger. Il a suffi pour cela d'opérer sur des gaz à très faible pression (environ $\frac{1}{100}$ de millimètre de mercure), et de provoquer le passage du gaz d'un réservoir où les pressions très faibles pouvaient être mesurées, à un autre réservoir où la pression restait sensiblement nulle.

L'appareil utilisé était constitué par deux récipients de verre séparés par une lame de platine très mince ($\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur), percée d'un très petit trou. Le premier récipient avait 45^{cm^3} de capacité et constituait une jauge de Mac Leod, permettant de mesurer les faibles pressions avec une précision assez grande ; l'autre réservoir était un gros ballon ayant un volume 40 fois plus grand que celui de la jauge. La communication entre les deux récipients pouvait être complètement interceptée par un robinet à large voie placé contre la lame de platine.

Différents gaz purs ont été d'abord étudiés. Le gaz était introduit dans le réservoir jauge et un vide complet était fait dans le grand réservoir. On déterminait la pression du gaz avec la jauge, puis on établissait la communication entre les deux réservoirs : une pompe Gæde fonctionnant continuellement maintenait le vide dans le grand réservoir. Après un intervalle de temps déterminé, on interrompait la communication et l'on mesurait la pression dans le petit réservoir. On rétablissait ensuite la communication pour laisser écouler une nouvelle quantité de gaz, et ainsi de suite. Dans ces expériences, la loi de variation de la pression en fonction de la durée de l'écoulement du gaz peut être représentée très exactement par une exponentielle simple $p = p_0 e^{-\mu t}$, la pression ayant varié depuis $0^{mm},2$ jusqu'à $0^{mm},002$ de mercure, et la pression, mesurée à la jauge, dans le grand réservoir, ayant été constamment inférieure à $0^{mm},00005$ de mercure.

Le coefficient μ caractérise la vitesse d'écoulement du gaz ; il a été déterminé pour différents gaz à la même température. Il est inversement proportionnel à la racine carrée de la densité du gaz. Les coefficients obtenus dans une série d'expériences ont été les suivants : $O^2 - 0,292$; $CO^2 - 0,248$; $SO^2 - 0,207$; argon $- 0,259$; t étant

mesuré en minutes. Les poids moléculaires calculés en comparant les différents coefficients à celui de l'oxygène sont : CO^2 — 45 au lieu de 44, SO^2 — 63,8 au lieu de 64,06, argon 40,5 au lieu de 39,9.

On voit que, dans ces expériences, l'on peut comparer l'argon qui est monatomique à l'oxygène qui est diatomique.

Cette méthode peut être très utile pour déterminer facilement la densité d'un gaz, en employant une très petite quantité du gaz. Il suffit, en effet, de 1^{mm^3} de gaz à la pression atmosphérique, pour faire une mesure dans des conditions assez bonnes.

J'ai recherché ensuite si dans un mélange de deux gaz, chaque gaz s'écoule comme s'il était seul, ou bien si le mélange se comporte comme un gaz pur de densité intermédiaire entre les densités des deux gaz. Dans le premier cas la loi de l'écoulement doit être représentée par l'équation

$$p = p_0 [K e^{-\mu_1 t} + (1 - K) e^{-\mu_2 t}],$$

μ_1 étant le coefficient du premier gaz et μ_2 celui du deuxième gaz; K étant la fraction du premier gaz contenu initialement dans le mélange. Dans le second cas on doit avoir

$$p = p_0 e^{-\mu t},$$

μ correspondant à un gaz pur ayant une densité égale à celle du mélange gazeux. J'ai opéré sur un mélange formé de volumes égaux de O^2 et de SO^2 et j'ai pu constater un bon accord avec la première loi. On peut donc admettre qu'aux très basses pressions et pour un écoulement qui n'est pas très rapide, chaque gaz passe à travers un petit orifice comme s'il était seul.

Pour opérer avec l'émanation du radium, on élimine d'abord la plus grande partie des gaz étrangers qui l'accompagnent et on l'introduit ensuite dans le petit réservoir jauge. On laisse s'établir l'équilibre radioactif et l'on mesure l'intensité du rayonnement pénétrant émis par ce réservoir à l'aide d'un condensateur cylindrique qui l'entoure complètement. On établit ensuite la communication avec le grand réservoir pendant un temps déterminé, puis on laisse s'établir l'équilibre radioactif et l'on mesure de nouveau le rayonnement pénétrant du petit réservoir; les mêmes opérations sont ensuite répétées plusieurs fois. J'ai pu ainsi constater, en tenant compte de la destruction spontanée de l'émanation, que la loi d'écoulement de l'émanation à travers le petit orifice est représentée aussi par une exponentielle simple. La présence des gaz étrangers n'apporte aucune altération à cette loi qui s'est trouvée vérifiée avec une grande exactitude, la pression totale des gaz ayant varié depuis $0^{mm},002$ jusqu'à $0^{mm},03$, et la proportion d'émanation dans ces mélanges complexes ayant varié depuis 0,5 pour 100 jusqu'à 20

pour 100 environ. Si l'on compare le coefficient μ de l'émanation à celui de l'oxygène ou de l'argon, on trouve pour le poids moléculaire de l'émanation un nombre voisin de 220. Les écarts entre les différentes mesures étant de 2 ou 3 pour 100. Si l'on admet que l'émanation est un gaz monatomique, ce nombre représente en même temps son poids atomique. Il est en remarquable accord avec celui qui peut être déduit de la théorie des transformations radioactives. Le radium de poids atomique 226,5, se transformant en émanation avec émission d'une particule α, c'est-à-dire départ d'un atome d'hélium de poids atomique 4, le poids atomique de l'émanation doit être d'après cette théorie 222,5.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la durée de l'émission de raies spectrales par les vapeurs lumineuses dans l'étincelle électrique.* Note de M. **G.-A. Hemsalech**, présentée par M. Lippmann.

On sait que, dans une étincelle éclatant entre électrodes métalliques, de la vapeur lumineuse est projetée dans l'espace voisin et y perd au bout d'un certain temps son pouvoir d'émettre des raies spectrales.

Je me suis proposé de déterminer les durées relatives de ce pouvoir d'émission des vapeurs pour les différentes raies qui constituent son spectre.

La méthode employée était celle du courant d'air, déjà décrite dans une Note antérieure [1]; mais pour la présente étude il était nécessaire de supprimer toutes les oscillations, sauf la première, de sorte que la vapeur produite par celle-ci pouvait se refroidir d'une façon normale sans être influencée par l'énergie des oscillations suivantes.

Les électrodes constituées du métal à étudier sont fixées dans l'appareil à courant d'air [2] à la place des fils de platine. L'étincelle est produite par la décharge d'un condensateur à plaques (capacité max. : 0,012 microfarad) à travers une bobine de self-induction (0,0125 henry) dans laquelle on peut introduire un cylindre en tôle de fer pour la suppression des oscillations [3]. Le condensateur est en dérivation sur le secondaire d'un transformateur au régime de résonance et donne environ 15 étincelles par seconde.

Un courant d'air de vitesse constante, dirigé sur l'étincelle obtenue dans les conditions énumérées, met en évidence les différentes parties dont elle est constituée, à

(1) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 1227.
(2) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1103.
(3) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1322.

savoir : la décharge initiale, la première oscillation et la traînée de vapeur métallique produite par cette dernière. L'étincelle ainsi décomposée est projetée sur la fente d'un spectrographe; on dispose l'appareil de telle façon que la direction du courant d'air est parallèle à la fente et que cette dernière forme la bissectrice de la traînée de vapeur métallique.

Sur les spectrogrammes obtenus de cette manière, la position de la décharge initiale est indiquée par le spectre de lignes de l'air; ce spectre est généralement très mince et il sert comme ligne de repère dans les mesures. En dessous de ce spectre, on en aperçoit un autre plus large dû à la première oscillation et constitué par les bandes négatives de l'azote.

Enfin on observe un troisième spectre dont toutes les raies prennent naissance près du spectre de la décharge initiale et forment une série de lignes plus ou moins longues : ce sont les raies émises par la vapeur métallique; leurs longueurs correspondent à la durée de luminosité de cette dernière.

La mesure des longueurs des raies s'effectue au moyen d'un réseau à lignes parallèles et équidistantes et qu'on applique sur les spectrogrammes. Ce réseau est calibré à l'aide d'une photographie sur laquelle on a obtenu les spectres de toutes les oscillations de l'étincelle et dont la fréquence a été déterminée par la méthode de la pellicule mobile [1].

L'application du réseau sur cette photographie permet d'évaluer les distances entre les lignes parallèles en termes de micro-secondes. Comme il a été dit plus haut, le spectre de la décharge initiale est pris comme ligne de repère pour les mesures, c'est-à-dire on suppose que l'émission des raies métalliques coïncide avec la décharge initiale. Or sur les photographies obtenues sur pellicule mobile, on constate que la vapeur métallique est projetée des électrodes environ 10 micro-secondes après le trait de feu. Mais pour le cas spécial de l'étincelle soufflée, il n'a pas été possible de mettre en évidence une séparation certaine entre le point d'origine de la décharge initiale et celui de la vapeur; aussi je n'ai pas tenu compte de cette correction dans mes mesures. L'erreur introduite par suite du défaut d'achromatisme des lentilles a pu être évaluée expérimentalement et la correction appliquée aux nombres obtenus. Des erreurs ont pu être commises dans l'estimation du point exact de la fin d'une raie, parce que l'extinction se fait lentement, la raie devenant de plus en plus faible. Les résultats peuvent, en outre, être influencés par le temps de pose et les variations de l'action actinique des différentes régions du spectre.

A l'aide de cette méthode j'ai déterminé les durées relatives de près de 200 raies du spectre du fer. Pour la plupart des raies, ces durées semblent être proportionnelles aux intensités, c'est-à-dire les raies les plus fortes donnent généralement les durées les plus longues et *vice versa*; il y a cependant certaines raies pour lesquelles les durées sont plus grandes ou plus

[1] Hemsalech, *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 917.

petites que leurs intensités font supposer. Le Tableau suivant contient les durées relatives de quelques raies du fer pour différentes capacités. Toutes les photographies ayant servi aux mesures ont été obtenues avec le même temps de pose, la même longueur d'étincelle ($2^{mm},5$) et la même vitesse de courant d'air, de sorte que les nombres obtenus sont parfaitement comparables entre eux.

Longueurs d'onde (Kayser et Runge).	Intensités relatives.	Durées en micro-secondes. — Capacité 0,0012 mfd.	0,0023 mfd.	0,0046 mfd.	0,012 mfd.
3631,62	7	63	95	135	185
3647,99	7	63	97	137	186
3705,70	5	74	105	145	193
3709,37	5	67	99	139	189
3763,90	7	78	107	162	206
3765,66	3	40?	59	95	135
3805,47	3	»	57	90	132
3820,56	10	95	130	183	241
4005,33	8	75	106	150	198
4045,90	10	102	144	201	272
4063,63	9	92	134	188	245
4071,79	9	89	131	184	236
4271,62	9	100	131	192	241
4307,96	9	94	131	190	243
4325,92	9	94	131	190	249
4383,70	10	109	160	212	282
4404,88	9	99	137	193	246
4415,27	8	84	116	176	210
4422,67	2	»	61	99	132
4871,84	8	51	84	112	156
4957,62	10	63	95	130	172

Comme on pouvait s'y attendre, la durée de toutes les raies est prolongée avec l'augmentation de la capacité.

L'augmentation de la longueur de l'étincelle, ce qui équivaut à l'accroissement de la différence de potentiel, a également pour effet de prolonger la durée de toutes les raies ; ainsi la raie λ 4045,90 donne pour des distances explosives de $1^{mm},5$, $2^{mm},5$ et $3^{mm},5$ des durées de 94, 144 et 160 micro-secondes (capacité : 0,0023 mfd). Il résulte de ce qui précède que les nombres que j'ai obtenus indiquent seulement l'ordre de grandeur des durées des raies. Mais ces nombres considérés comme *durées relatives* des différentes raies me semblent représenter des données plus précises à établir que les *intensités relatives* de ces mêmes raies.

ACOUSTIQUE. — *Inscription photographique des vibrations d'un diapason.* Note de MM. **Gabriel Sizes** et **G. Massol**, présentée par M. J. Violle.

L'étude *Sur la multiplicité des sons émis par les diapasons* et particulièrement *Sur les harmoniques graves* (¹), faite à l'aide d'un fil métallique, jouant le rôle d'amplificateur de vibrations et pouvant s'appliquer à l'étude de tous les corps vibrants *affectés en même temps d'un mouvement d'ensemble à peu près quelconque*, pouvait faire l'objet de certaines restrictions. Nous nous sommes proposé de démontrer que le fil métallique n'avait pas de mouvements propres, susceptibles de modifier sensiblement les vibrations des corps sonores.

A cet effet, sur le conseil de M. Violle, nous avons eu recours à la méthode optique.

A l'extrémité de l'une des branches du diapason ut_0, déjà étudié, nous avons fixé un petit miroir très léger, dont le poids était compensé à l'extrémité de l'autre branche; un rayon lumineux (soleil ou lumière électrique), réfléchi par ce miroir, tombe sur un objectif à grande ouverture. Une feuille de papier extra-sensible remplace le papier enfermé sur le cylindre inscripteur, lequel se déplace devant l'objectif, à volonté, à l'aide d'un dispositif très simple.

Nous avons fait vibrer le diapason de la même manière, au moyen d'un archet de contre-basse. Mais, pour ne pas déplacer la mise au point du rayon lumineux dans l'objectif, nous avons dû limiter les expériences aux précautions nécessaires.

Nous avons particulièrement étudié les vibrations *parallèles* aux plans des deux branches du diapason; les vibrations *perpendiculaires* à ce plan et les vibrations tournantes, obtenues en excitant l'angle d'une des branches du diapason.

Nous avons obtenu ainsi des résultats identiques à ceux obtenus au moyen du fil métallique; nous avons cherché de préférence les grandes amplitudes afin de démontrer qu'elles n'étaient pas dues à des mouvements propres du fil.

Comme confirmation, nous avons adapté une parcelle de miroir à l'extrémité d'un fil, disposé comme il a été dit antérieurement, et nous avons photographié ses vibrations; malgré la difficulté que nous avons eue de

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 872; t. CXLVI, 1908, p. 25; t. CXLVIII, 1909, p. 1318.

maintenir son extrémité libre dans l'axe de l'objectif, nous avons obtenu des courbes de grandes amplitudes qui confirment les résultats précédents.

Chaque nouvelle série d'expériences nous ayant donné quelques résultats nouveaux, en sus des confirmations des résultats antérieurs, voici la série d'harmoniques obtenue par cette nouvelle méthode expérimentale; dans l'ordre adopté : 1° noms des sons; 2° nombres de vibrations; 3° ordre des harmoniques et rapport à la fondamentale de l'échelle générale :

	(fa_{-7})	ut_{-5}	fa_{-5}	ut_{-4}	$\underline{mi}^{\flat}_{-4}$	ut_{-3}	$\underline{mi}^{\flat}_{-3}$	$\underline{si}^{\flat}_{-3}$	ut_{-2}	ut_{-1}	$\underline{mi}^{\flat}_{-1}$	$\underline{si}^{\flat}_{-1}$	si_{-1}
	$(0^{v}\frac{1}{3})$	1^{v}	$1^{v}\frac{1}{3}$	2^{v}	$2^{v}\frac{1}{3}$	4^{v}	$4^{v}\frac{2}{3}$	7^{v}	8^{v}	16^{v}	$18^{v}\frac{2}{3}$	28^{v}	30^{v}
	(1)	3	4	6	7	12	14	21	24	48	56	84	90

ut_0	$ré_0$	$\underline{si}^{\flat}_0$	si_0	ut_1	sol_2	$sol^{\sharp}_2$	la_2	$fa^{\sharp}_3$	ut_4	$\underline{ré}_4$	
32^{v}	36^{v}	56^{v}	60^{v}	64^{v}	192^{v}	200^{v}	214^{v}	360^{v}	512^{v}	560^{v}	
96	108	168	180	192	576	600	640	1080	1536	1680	

Malgré la présence de dix sons nouveaux dans ce Tableau, dont deux inférieurs au son prédominant, $\underline{mi}^{\flat}_{-1}$ et si_{-1}, un seul s'est véritablement inscrit pour la première fois, c'est $fa^{\sharp}_3$; tous les autres ne sont en réalité que des octaves inférieures ou supérieures de sons déjà publiés. Ce diapason ut_0 nous a fourni jusqu'à ce jour un ensemble de 64 sons différents.

La simultanéité des deux sortes de vibrations transversales et des vibrations tournantes est la cause de particularités curieuses qui feront l'objet d'une prochaine Note.

PHYSIQUE. — *Sur l'émission des gaz.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. J. Violle.

1. Dans son Rapport sur l'*Émission des gaz*, présenté au Congrès de Physique de 1900 (¹), M. Pringsheim énonce la loi générale suivante : « Pour les températures que jusqu'ici on a pu atteindre expérimentalement, aucun gaz n'émet de lui-même un *spectre de raies*. Cela n'a lieu que sous l'action de phénomènes particuliers (chimiques, électriques) (²). » L'émission d'un spectre de raies n'est donc jamais un phénomène *purement thermique*, mais un effet de *luminescence*.

(¹) Pringsheim, *Rapports présentés au Congrès international de Physique* (1900), t. II, p. 100.

(²) *Loc. cit.*, p. 127.

Pour établir cette loi, M. Pringsheim se fonde sur une expérience célèbre dont voici les traits essentiels :

Un sel de sodium (carbonate) est placé dans un tube de porcelaine non vernie, rempli d'hydrogène, chauffé au rouge. Les bouts sont refroidis et fermés par des glaces. Les raies D apparaissent dans les spectres d'absorption et d'émission. « S'il s'agit d'un rayonnement calorifique proprement dit, l'aspect lumineux dans le tube doit rester invariable quand on interrompt brusquement la réduction (du sel par l'hydrogène), car la vapeur métallique doit émettre de la lumière... jusqu'à ce qu'elle ait distillé vers l'extrémité froide du tube à l'extérieur du four.

» Si, au contraire, le phénomène lumineux a pour cause les réactions chimiques mêmes, il doit disparaître dès que la réaction chimique cesse....

» Une nacelle de nickel contenant le sel à réduire pouvait être déplacée à l'intérieur du tube fermé au moyen d'un aimant extérieur; on pouvait ainsi l'introduire dans la partie chauffée au rouge ou bien la faire passer à l'extrémité la plus froide du tube.

» Ces expériences montrèrent que, dès qu'on retirait le sel de la partie portée au rouge, l'absorption et l'émission du sodium (et du lithium), dans une atmosphère d'hydrogène cessaient [1]. »

2. Mes recherches sur le rayonnement des flammes [2] ont montré qu'aux erreurs d'expérience près, la loi de Kirchhoff est applicable *quantitativement* à l'émission de la raie D et des autres raies métalliques. La luminescence n'a donc pas d'effet appréciable.

Il restait à trouver une explication des phénomènes observés par Pringsheim.

Guidé par les belles recherches de Wood sur la vapeur de sodium, j'ai refait les expériences de Pringsheim, d'abord en me plaçant dans des conditions aussi voisines que possible des siennes, puis en remplaçant le tube en porcelaine de Berlin non vernie par un tube de fer.

Toutes les expériences ont été faites vers 1000°, dans l'hydrogène pur et sec. On observait le spectre d'absorption, plus sensible que le spectre d'émission.

Les différences essentielles de mon dispositif et de celui du savant allemand sont les suivantes :

1° Mon tube était chauffé dans un grand four électrique Heraeus de 60^{cm} de long, au lieu d'un fourneau à gaz.

2° Le fer formant écran magnétique, au lieu de me servir d'un aimant, j'ai déplacé la nacelle contenant le carbonate de sodium à l'aide de fils de nickel, glissant à frottement doux dans de petits tubes de caoutchouc placés à l'extrémité froide du tube chauffé et serrés par des pinces de Mohr.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 122. — *Cf.* E. Pringsheim, *Wied. Ann.*, t. XLV, p. 428, 1892.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1397; t. CXLVIII, 1909, p. 908; *Le Radium*, 1909.

3. Dans le tube de porcelaine, j'ai retrouvé exactement les phénomènes observés par Pringsheim. Dès que la nacelle était ramenée vers la partie froide du tube, les raies D disparaissaient dans le spectre d'absorption. Cette disparition, cependant, n'était pas absolument instantanée; elle se faisait dans un temps difficilement mesurable, mais de l'ordre d'une fraction de seconde.

Dans le tube de fer, au contraire, rien n'était changé à l'aspect au spectroscope; lorsque la nacelle passait à l'extrémité froide du tube, les raies D s'effaçaient très lentement. Elles étaient encore nettement visibles après plus d'une heure. La disparition était plus rapide dans un courant d'hydrogène, mais n'était jamais absolument totale.

Les expériences suivantes sont plus probantes encore.

1° On introduit la nacelle dans une région du tube qui n'est chauffée qu'au rouge sombre. Les raies D apparaissent, mais peu intenses. On fait revenir la nacelle à l'extrémité froide du tube, et en même temps on envoie un courant d'hydrogène qui ramène les vapeurs formées vers la région la plus chaude. Au bout de quelques instants l'intensité des raies D augmente d'une façon considérable.

2° Si l'on fait glisser dans la partie chaude du tube de fer une plaque de porcelaine non vernie, l'intensité des raies D diminue bien plus rapidement.

Il semble donc que, dans l'expérience de Pringsheim, les raies du spectre disparaissent, non pas lorsque les effets de réduction cessent, mais lorsque la paroi de porcelaine a absorbé toute la vapeur de sodium présente dans le tube. Le phénomène essentiel est donc une *diffusion vers la paroi absorbante*.

4. Il reste à démontrer que cette explication rend bien compte de la rapidité avec laquelle les raies disparaissent. Au point de vue mathématique le problème de la diffusion d'un gaz dans un tube cylindrique est identique à celui de la conductibilité calorifique dans un cylindre solide, qui a été résolu par Fourier [1].

Pour exprimer que l'absorption par la paroi est complète, il suffit de supposer que la conductibilité extérieure est infinie. Pour simplifier, on peut admettre de plus qu'à l'origine du temps, la concentration de la vapeur de sodium est uniforme dans tout le tube; c'est d'ailleurs l'hypothèse la plus défavorable. En première approximation, pour un temps assez long, et en faisant sur le temps une erreur par excès, on peut écrire pour le centre

---

[1] Fourier, *Œuvres*, p. 332 et suiv.

du tube :

$$C = C_0 e^{-\frac{4k}{R^2}\alpha_0 t},$$

C et C_0 étant les concentrations au temps t et zéro; R étant le rayon du tube, K le coefficient de diffusion de la vapeur dans l'hydrogène, α_0 la première racine positive de la fonction J_0 de Bessel, dont la valeur est 2,405. R était égal à $1^{cm},5$.

Le coefficient de diffusion des différents gaz dans l'hydrogène est à 0°, de 0,6 à 0,7 C. G. S. Il croît suivant une puissance de la température absolue variable de 1,75 à 2.

En adoptant les valeurs les plus défavorables, on trouve

$$K = 0,6 \times \left(\frac{1273}{273}\right)^{1,75} = 9\,\frac{cm^2}{sec}.$$

Si l'on fait $\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1000}$, on trouve

$$t = 0,18 \text{ sec.}$$

PHYSIQUE. — *Sur les rayons du potassium.* Note de M. **E. Henriot**, présentée par M. J. Violle.

J'ai décrit précédemment quelques expériences mettant en évidence le fait que le rayonnement d'un sel de potassium constitue une propriété normale de ce composé. MM. Elster et Geitel [1], dans un travail récent, ont confirmé ce premier point et ont montré que les fractionnements les plus prolongés n'amènent aucune modification dans le rayonnement d'un sel, ainsi que nous l'indiquions, M. Vavon et moi, dans les *Comptes rendus* du 5 juillet 1909.

La question de savoir si le rayonnement est une propriété atomique a été abordée successivement par M. Campbell et Mc Lennan qui sont arrivés à des conclusions opposées.

Je me suis moi-même occupé de la question, et les résultats de mon étude feront l'objet de cette Note.

La divergence entre les résultats de Campbell et de Mc Lennan doit être vraisemblablement attribuée à une erreur de technique du second, et les expériences dont je vais donner le résultat sont toutes en faveur de ce fait, que le rayonnement du potassium est une propriété atomique.

---

[1] Elster et Geitel, *Physikalische Zeitschrift*, t. II, 1910, p. 275-289.

Je me suis assuré d'abord qu'il existe une proportionnalité assez exacte entre l'activité d'un sel et sa teneur en métal. Voici quelques nombres relatifs à des sels chimiquement purs du commerce :

Sel.	Teneur pour 100.	Activité.	Rapport : $\frac{\text{teneur}}{\text{activité}}$.
SO^4K^2	44,91	37,8	118
KI	23,58	21,0	112
KBr	32,87	27,8	118
KCl	52,48	42,2	124
KF	67,32	54,0	123
ClO^3K	28,91	25,5	110
AzO^3K	38,69	30,6	126

Les légères variations du rapport viennent probablement d'une absorption différente des rayons par la matière rayonnante quand on passe d'un sel à l'autre, et de ce fait que quelques-uns des corps étudiés sont assez déliquescents. Néanmoins, la vérification est assez concluante.

Lorsqu'un phénomène est atomique, son intensité est indépendante de la température. Je me suis rendu compte, entre 14° et 140°, que le rayonnement qui nous occupe présente ce critérium d'atomicité.

De plus, quand on passe d'un sel à l'autre, le rayonnement garde la même nature et la même puissance de pénétration. Voici quelques nombres (¹) exprimant l'absorption par des feuilles d'étain, que je rappelle ici pour mettre ce fait en évidence :

Poids d'écran par centimètre carré		0	0,0109	0,0222	0,0337	0,0574	0,0811	0,117
Rayons transmis	SO^4K^2	1	0,75	0,60	0,48	0,36	0,26	0,16
	KCl	1	0,75	0,63	0,49	0,34	0,27	0,15

J'ajouterai, à l'appui de cette manière de voir, qu'actuellement on ne connaît pas de phénomène non atomique manifestant des électrons de vitesses aussi considérables que ceux du phénomène qui nous occupe.

J'ai effectué, en outre, des expériences dont le résultat met en évidence la spontanéité du rayonnement. Sur ce dernier point, le fait que quelques expériences de MM. Elster et Geitel ont été effectuées dans les mines de carnallite même est particulièrement concluant.

(¹) Henriot, *Le Radium*, février 1910.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'hydrogène sur le chlorure de soufre et sur le chlorure de thionyle, sous l'influence de l'effluve électrique.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Chlorure de soufre : S^2Cl^2. — Si l'on dirige à travers un appareil à effluves, de l'hydrogène entraînant des vapeurs de chlorure de soufre S^2Cl^2, on voit apparaître bientôt sur les armatures un dépôt ayant l'apparence du soufre; il présente l'inconvénient de former des plages autour desquelles éclatent de petites étincelles, ce qui est une cause de rupture des appareils; pour éviter cet inconvénient, on est amené à augmenter le débit en S^2Cl^2 qui, en se condensant, dissout le soufre mis en liberté.

Le liquide condensé est jaune clair et est formé exclusivement de chlorure S^2Cl^2 tenant du soufre en dissolution; la réduction de S^2Cl^2 par H est donc totale. La volatilisation de S^2Cl^2 se faisait dans un flacon de Durand chauffé au bain de valvoline, à 150°, au début de l'expérience (S^2Cl^2 bout vers 136°), à 170° vers la fin; nous avons constaté que ce flacon renfermait après l'expérience, prolongée pendant plusieurs jours, un liquide épais, noir foncé, qui renfermait également du soufre en dissolution dans S^2Cl^2 (bien qu'on fut parti de S^2Cl^2 bien pur).

Il résulte de là que l'hydrogène avait décomposé le chlorure de soufre, à 150°-170° avec mise en liberté de soufre; ce fait, ainsi que celui que nous avons observé dans le fractionnement de produits renfermant S^2Cl^2, a attiré notre attention sur la stabilité de S^2Cl^2 sous l'action de la chaleur. Ce corps est considéré comme très stable (Dammer, t. I, p. 659). Nous avons soumis du chlorure de soufre, préalablement distillé sur du soufre, à une simple distillation au bain de valvoline, et nous avons constaté que, dans ces conditions, il passait à température fixe (+ 137°,5 corrigé sur 760^{mm}); mais si l'on emploie un appareil de fractionnement tel qu'un ballon de Ladenburg (ballon à long col, d'une vingtaine de centimètres de long, portant trois renflements), la température du bain de valvoline devait être portée à 178°-180° pour permettre la distillation; le liquide distillé, au lieu d'être jaune orangé, est rougeâtre et des fractionnements successifs donnent des têtes de distillation dont le point d'ébullition s'abaisse progressivement jusqu'à atteindre + 64°, température d'ébullition du bichlorure SCl^2; il y a donc décomposition partielle à ces températures peu supérieures au point d'ébullition, en SCl^2 et S; c'est un fait dont il faut tenir compte toutes les fois qu'on a à fractionner un liquide pouvant renfermer du chlorure de sodium.

Il faut remarquer que cette décomposition : $S^2Cl^2 = SCl^2 + S$, est déjà

sensible quand on distille S^2Cl^2 à la pression atmosphérique, même en se plaçant dans les conditions les plus favorables pour l'évacuation des vapeurs et éviter la surchauffe (cornue à large col plongée dans un bain de valvoline, écran protégeant la partie supérieure de la cornue contre le refroidissement). Le chlorure déjà rectifié sur S distille en donnant un liquide orangé et un léger résidu noirâtre renfermant du soufre; ce même produit distillé sous vide (15^{mm}) commence à passer à la distillation vers 30° en donnant un liquide fortement coloré en rouge, renfermant une forte proportion de SCl^2; puis la température d'ébullition s'élève et se fixe à 59°-60° sous 15^{mm} en donnant un distillat de couleur jaune d'or; à vrai dire, la composition du produit distillé à la pression atmosphérique et de celui distillé sous le vide est sensiblement la même. Nous noterons encore que la grande volatilité du chlorure de soufre sous pression réduite rend son ébullition difficile, et il faut chauffer énergiquement le bain de valvoline pour obtenir l'ébullition effective du chlorure de soufre, faute de quoi il distille activement par évaporation, sans ébullition.

Chlorure de thionyle, $SOCl^2$.

L'action réductrice énergique qu'exerce H vis-à-vis des chlorures sous l'influence de l'effluve électrique, avec, parfois, formation de corps peu stables sous l'action de la chaleur (P^2Cl^4), pouvait faire espérer, qu'en opérant sur $SOCl^2$, on pourrait isoler le radical thionyle ou un de ses produits de condensation; cet espoir a été déçu, comme il l'a été lorsque l'un de nous a autrefois tenté d'isoler ce radical, par un procédé purement chimique (action de Hg sur $SOBr^2$) [1].

Les vapeurs de $SOCl^2$ entraînées par un courant de H pur et sec dans les appareils à effluves en activité donnent aussitôt naissance sur les armatures à un dépôt ayant l'apparence du soufre, qui contrarie le fonctionnement normal des appareils: pour éviter cet inconvénient, on augmente le débit de $SOCl^2$ dont l'excès dissout le dépôt formé. Le liquide jaune clair condensé, débarrassé par distillation de l'excès de $SOCl^2$, laisse un résidu noirâtre visqueux que la distillation sous vide sépare en S^2Cl^2 et S. Quant aux gaz issus de l'appareil à effluves, énergiquement refroidis par de la neige carbonique, ils abandonnent un liquide incolore qui n'est autre que SO^2 liquéfié, et il se dégage HCl; si l'on fait abstraction de la production de S, la réaction peut se formuler :

$$4SOCl^2 + 6H = S^2Cl^2 + 2SO^2 + 6HCl;$$

---

[1] A. Besson, *Comptes rendus*, 10 février 1896.

d'autre part, la production de S peut résulter d'une action secondaire de H ou de SO^2 sur S^2Cl^2; nous avons déjà vu plus haut que H réduit S^2Cl^2 dans les conditions indiquées, et que telle pouvait être l'origine du S, mais, d'autre part, nous avons été amenés à examiner si SO^2 ne réagirait pas sur S^2Cl^2 sous l'action de l'effluve.

En entraînant les vapeurs de S^2Cl^2 par un courant de SO^2 sec, nous avons constaté le dépôt de soufre sur les armatures et le liquide recueilli, de couleur jaune rougeâtre renfermé à côté de l'excès de chlorure de soufre, surtout du chlorure de thionyle avec une petite quantité de chlorure de sulfuryle; la réaction de SO^2 sur S^2Cl^2 sous l'action des effluves, peut donc se formuler: $2SO^2 + 3S^2Cl^2 = SO^2Cl^2 + 2SOCl^2 + S$. Il s'ensuit que la réaction avec effluves de H sur $SOCl^2$, donne naissance à SO^2Cl^2, S^2Cl^2, SO^2, S et HCl (le chlorure de sulfuryle avait passé inaperçu dans la réaction principale, dilué qu'il était dans un grand excès de $SOCl^2$ non altéré, et par suite, du voisinage des points d'ébullition de ces deux corps : $SOCl^2$ à 78°, SO^2Cl^2 à 70°).

D'un autre côté, lors de l'entraînement par SO^2 de S^2Cl^2 chauffé progressivement de 150° à 200° au bain de valvoline nous avons constaté une décomposition de ce dernier corps, qui s'est traduite par la présence d'un grand excès de soufre dans le résidu de la volatilisation; nous avons été conduits à examiner la nature des produits volatils formés; à cet effet, nous avons répété l'opération en entraînant pendant une quinzaine de jours S^2Cl^2 chauffé à 160°-170° par SO^2 et recueillant directement les produits dans un mélange réfrigérant; le liquide rouge clair chauffé au bain-marie avec du soufre au réfrigérant ascendant (transformation de SCl^2 en S^2Cl^2) devient jaune clair et laisse passer en tête de distillation, exclusivement du chlorure de sulfuryle; donc, sans le concours de l'effluve, SO^2 réagit lentement sur S^2Cl^2 chauffé à 160°-170° suivant l'équation $SO^2 + S^2Cl^2 = SO^2Cl^2 + 2S$, et le rôle particulier de l'effluve est de transformer la presque totalité de SO^2Cl^2 en $SOCl^2$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques des alliages aluminium-argent.* Note de M. **Witold Broniewski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les alliages aluminium-argent sont durs, peu altérables et ne présentent pas la zone fragile propre à la plupart des alliages contenant des composés

définis. Il est donc étonnant que ces alliages n'aient suscité que peu de recherches sur leur constitution et n'aient presque pas trouvé d'emplois industriels.

J'ai étudié la constitution des alliages aluminium-argent en me basant sur leurs propriétés électriques, comme je l'avais déjà fait pour les alliages aluminium-cuivre [1], mais en utilisant cette fois en plus les propriétés thermo-électriques. Les résultats sont exprimés dans les graphiques suivants, formés en prenant pour abscisses le pourcentage des métaux constituants en volume et pour ordonnées les propriétés électriques des alliages correspondants.

La figure 1 se rapporte à la conductivité électrique; la figure 2 au coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100°; la figure 3 exprime dans sa partie supérieure (*a*) le pouvoir thermo-électrique à 0° par rapport au plomb, dans sa partie inférieure (*b*) la variation de ce pouvoir thermo-électrique avec la température; la figure 4 donne la force électromotrice de dissolution dans du chlorure d'ammonium par rapport à une électrode en charbon dépolarisée par du bioxyde de manganèse.

Dans les trois premières figures, la ligne continue se rapporte aux échantillons recuits et la ligne en pointillé aux échantillons trempés. Dans la figure 4 la ligne continue et la ligne en pointillé représentent respectivement la force électromotrice maxima et la force électromotrice limite des échantillons recuits.

L'existence de deux composés définis Al^2Ag^3 et $AlAg^3$ devient manifeste si nous appliquons aux courbes de conductivité et du coefficient de température les principes établis par M. H. Le Chatelier (1895) et complétés par M. Guertler (1907), aux courbes de la force électromotrice de dissolution les principes indiqués par Laurie (1888) et aux courbes du pouvoir thermo-électrique et de sa variation les principes que j'ai établis dans une publication récente [2].

M. Petrenko (1905) indique par la méthode de fusibilité les composés $AlAg^2$ et $AlAg^3$. La divergence avec les résultats que j'obtiens s'explique aisément par la difficulté qu'on éprouve à préciser par la méthode de fusibilité la position d'un composé défini englobé entre des solutions solides, comme c'est le cas de Al^2Ag^3. Différemment interprétées, les données de M. Petrenko ne contredisent pas les miennes.

M. Pouchine (1907) trouve en étudiant la force électromotrice de dissolution un composé défini AlAg. L'alliage de cette composition montre au microscope une struc-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 853.

[2] *Revue de Métallurgie*, t. VII, 1910, p. 341.

ture hétérogène et ne peut pas être un composé défini. Ce résultat erroné provient probablement de ce que M. Pouchine avait observé la force électromotrice limite qui, comme le montre la ligne en pointillé de la figure 4, descend avant le composé Al^2Ag^3 à cause de l'épuisement de l'électrode et ne montre pas le composé $AlAg^3$.

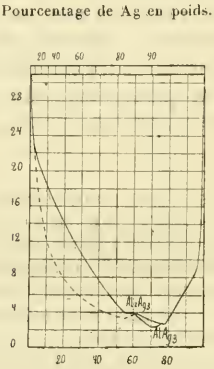


Fig. 1. — Conductivité.

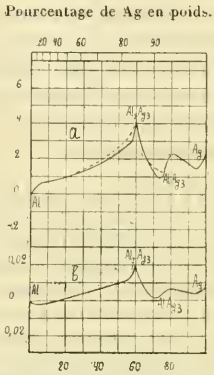


Fig. 3. — Pouvoir thermo-électrique.

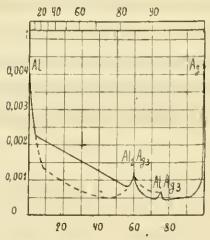


Fig. 2. — Coefficient de température.

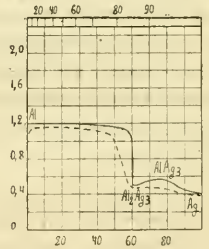


Fig. 4. — F. e. m. de dissolution.

L'argent métallique pur obtenu par la réduction de son chlorure par le carbonate de sodium, raffiné ensuite par l'électrolyse et fondu dans le vide, a donné pour le coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100° :

$$\alpha = 0,00415$$

MM. Kamerlingh Onnes et Clay (1907) avaient trouvé pour ce coefficient $\alpha = 0,00411$. La valeur que je trouve se rapproche sensiblement de celle ($\alpha = 0,00417$) qui fixe la formule établie en admettant la proportionnalité entre la variation de la résistance électrique avec la température et la variation simultanée de l'espace libre entre les molécules [1]

$$r_t = (2F + T)T \times \text{const.},$$

où F est la température absolue de fusion, T la température absolue du métal et r_t sa résistance électrique.

L'étude des propriétés électriques a l'avantage sur la méthode de fusibilité de nous indiquer la structure des alliages à la température ordinaire et en permettant de distinguer plus nettement les composés définis entourés de solutions solides. Elle présente des garanties suffisantes lorsque les conclusions tirées de toutes les propriétés électriques sont concordantes et confirmées par la métallographie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air.* Note de M. **Kohn-Abrest**.

Je demande la permission de rappeler que ma Note des *Comptes rendus* (11 avril 1910), critiquée par M. Serpek dans les *Comptes rendus* du 6 juin dernier (p. 1520), renferme en première ligne l'indication suivante :

J'ai indiqué en 1905 quelques résultats obtenus en chauffant dans l'air la poudre d'aluminium, j'ai depuis repris cette étude.

(Bibliographie : *C. R.*, juillet 1905, et Pionchon, *C. R.*, 1893.)

Au cours des recherches sur l'aluminium que je poursuis depuis plusieurs années j'ai pu isoler des produits, azotures et oxydes, différents de ceux actuellement connus.

Tels sont les résultats nouveaux que j'ai donnés dans ma Note.

M. Serpek affirme que mes résultats sont connus depuis longtemps; cependant il ajoute un peu plus loin qu'il n'a jamais obtenu les azotures que j'ai signalés. Je n'ai qu'à prendre acte de cette déclaration.

---

[1] *J. Chim. phys.*, t. IV, 1906, p. 285; t. V, 1907, p. 57 et 609.

CHIMIE MINÉRALE. — *Extraction du germanium des blendes.* Note de MM. **G. Urbain**, **M. Blondel** et **Obiedoff**, présentée par M. A. Haller.

L'un de nous a montré précédemment que la présence du germanium était fréquente dans les blendes. Comme cet élément n'a été signalé jusqu'ici que dans de rares minéraux : argyrodite, canfieldite, frankéite, euxénite, samarskite, niobite, tantalite et gadolinite, et que, sauf dans les trois premiers, sa présence paraît être accidentelle, il était intéressant d'édifier un mode de traitement des blendes en vue de l'extraction du germanium.

Les minerais riches en argyrodite qui furent traités par Winckler en 1886 (*J. prakt. Chem.* t. XXXVII, 1887) ne renfermaient que 0,36 pour 100 d'argyrodite, ce qui correspond à une teneur en germanium de l'ordre de $\frac{3}{10000}$. Quelque faible que soit cette proportion, il serait actuellement impossible de refaire un traitement semblable faute de matière. Par contre, on peut se procurer aisément des blendes germanifères et obtenir autant de germanium qu'on le veut, à la condition de traiter de grandes quantités de minéraux aussi connus. (Sur 64 échantillons de blendes de toutes provenances qui ont été examinées, 38 renfermaient suffisamment de germanium pour que l'on en puisse observer les raies principales par l'analyse spectrographique directe.) Une blende assez riche en germanium, telle que la blende du Mexique dont nous avons traité 550^{kg}, en renferme une proportion de l'ordre du cent-millième. Nous en avons pu extraire en effet environ 5^{g} de germanium pur. Ce résultat montre que c'est aux blendes qu'il faudra s'adresser désormais pour préparer des quantités suffisantes de germanium pour pouvoir en faire une étude chimique étendue.

Nous nous bornerons à décrire ici, parmi les méthodes que nous avons expérimentées, celles qui nous semblent les meilleures, tant au point de vue des rendements qu'au point de vue économique qui ne peut être négligé dès que les traitements tiennent moins des techniques du laboratoire que de celles de l'usine.

La blende pulvérisée est attaquée par son poids d'acide sulfurique concentré.

L'attaque, vive au début, doit être poursuivie avec le concours de la chaleur. Il se dégage principalement de l'acide sulfureux. On cesse de chauffer quand l'excès d'acide sulfurique a été éliminé.

La masse sèche est ensuite reprise par l'eau. Le résidu insoluble renferme encore du germanium et doit être attaqué de nouveau.

Les solutions aqueuses sont traitées peu à peu par une solution de sulfure de sodium, jusqu'à ce que les liqueurs ne renferment plus de germanium. Des sulfures ainsi obtenus, on peut éliminer la majeure partie du zinc en les traitant par décantation avec des dissolutions d'acide sulfurique dont la concentration ne doit pas être inférieure à 15 pour 100. Au-dessous de cette teneur, *et surtout dans l'eau pure*, le germanium passe des précipités dans les liqueurs.

Les sulfures germanifères réduits ainsi à un faible volume peuvent être calcinés. Mais il est alors nécessaire d'opérer dans une atmosphère franchement oxydante, car on sait que le sulfure de germanium est volatil. On peut également attaquer ces sulfures par l'acide nitrique, mais non par l'eau régale : la volatilité du chlorure de germanium, déjà signalée par Winckler, s'oppose à l'emploi de l'acide chlorhydrique dans tout traitement où la chaleur intervient. La solution nitrique, évaporée à sec, laisse un résidu d'oxydes et de nitrates germanifères. Dans l'un ou l'autre cas, une attaque nouvelle par l'acide sulfurique permet de mettre en solution la majeure partie du germanium.

Les dissolutions très acides sont ensuite traitées par l'hydrogène sulfuré de manière à éviter la précipitation du zinc et à gêner celle du cadmium. Tout le germanium se retrouve dans le précipité. Ce nouveau sulfure est attaqué comme le précédent. En général, la concentration en germanium est suffisante pour que l'on puisse effectuer une dernière précipitation par l'hydrogène sulfuré, après avoir ajouté à la liqueur froide la moitié de son volume d'acide chlorhydrique concentré. Le précipité de sulfures contient alors la totalité du germanium et de l'arsenic avec une proportion notable de molybdène.

Si la concentration en germanium était encore insuffisante, on pourrait précipiter partiellement la liqueur par l'ammoniaque. Le germanium s'accumule dans les premiers précipités. Ceux-ci pourraient eux-mêmes être dissous dans l'acide sulfurique; et, après refroidissement, la liqueur, additionnée d'un excès d'ammoniaque et filtrée, laisserait précipiter par l'ébullition le germanium à un très grand état de concentration.

Cette manière de procéder présente quelque avantage en présence de beaucoup de cadmium et surtout de molybdène; mais l'arsenic accompagne le germanium dans tous ces traitements.

Les sulfures précipités finalement en liqueur chlorhydrique très acide sont alors traités par l'ammoniaque sans excès. Les sulfures de germanium et d'arsenic, souillés de molybdène, se dissolvent instantanément. La liqueur ammoniacale jaune est neutralisée progressivement avec un acide de plus en plus dilué à mesure que la dissolution, séparée des précipités, est moins colorée. En opérant avec précaution, on peut précipiter de la sorte la totalité de l'arsenic et du molybdène à l'exclusion du germanium. Ce mode opératoire diffère peu de celui de Winckler qui traitait les sulfures germanifères par les sulfures alcalins; mais il est préférable parce que le terme de la réaction est plus net. Le germanium est ensuite intégralement précipité en liqueur très acide par l'hydrogène sulfuré. Le sulfure de germanium que l'on obtient alors est blanc et parfaitement pur.

Les inévitables résidus d'oxydes insolubles qui se forment à plusieurs reprises dans ces traitements doivent être traités par les alcalis ou les carbonates alcalins, soit par voie aqueuse, soit par voie ignée, pour en extraire le germanium qu'ils renferment. Les liqueurs alcalines sont additionnées d'un excès de sulfure de sodium. Les solutions filtrées des sulfosels sont ensuite traitées par les acides. Les sulfures germanifères qui se précipitent alors sont purifiés par le procédé à l'ammoniaque qui vient d'être décrit.

Les quantités de germanium qui échappent à ces traitements sont absolument négligeables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le caractère acide de l'éther oxalacétique.* Note de M. **L.-J. Simon.**

Dans une Note insérée dans l'un des derniers *Comptes rendus* de l'Académie, M. Gault donne quelques renseignements sur l'acidité de l'éther oxalacétique et de ses dérivés.

Au cours d'un travail sur l'éther oxalacétique entrepris et publié avec la collaboration de M. Conduché (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XII, 1907), nous avons déjà signalé la manière de se comporter de l'éther oxylacétique à cet égard.

Voici d'ailleurs le texte :

On sait que l'éther oxalacétique se comporte comme un acide faible; nous avons vérifié qu'on peut le doser alcalimétriquement en présence de phtaléine du phénol.

$0^g,7994$ d'éther oxalacétique neutralisent ainsi $19^{cm^3},3$ de potasse ($\delta = 0,219$), d'où $M = 189$. Calculé $M = 188$ (p. 24).

Certaines propriétés de l'éther oxalacétique se retrouvent dans ces dérivés : ils ont un caractère nettement acide et peuvent être titrés alcalimétriquement en présence de phénolphtaléine; ils sont neutres au méthylorange... (p. 9).

En outre j'ai signalé il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1505) l'altération spontanée que subit l'éther oxalacétique et qui s'accentue avec la durée. Il se forme en particulier une substance qui, avec les alcalis ou les sels alcalins d'acides faibles, produit des phénomènes de coloration. Cette coloration enlève au titrage alcalimétrique toute précision lorsque l'éther oxalacétique n'a pas été fraîchement préparé ou distillé. On ne peut donc employer qu'avec réserve le titrage alcalimétrique de l'éther oxalacétique en présence de phénolphtaléïne pour apprécier le degré de son altération.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des composés acétyléniques.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

Grâce aux recherches poursuivies de divers côtés pendant ces dernières années, nombre de composés acétyléniques sont devenus sinon très faciles à obtenir, du moins relativement abordables; aussi n'est-il pas absurde de chercher si certains d'entre eux ne pourraient pas servir à préparer les corps saturés correspondants, lorsqu'on ne connaît pour obtenir ces derniers que des procédés assez pénibles.

L'hydrogénation des composés acétyléniques est habituellement peu commode à réaliser par les méthodes anciennes (emploi de l'amalgame de sodium, du sodium et de l'alcool); elle se fait bien quand on a recours à l'action catalytique du nickel, dans le cas où l'on peut opérer à des températures auxquelles résiste le composé non saturé mis en œuvre, mais il arrive souvent qu'il n'en est pas ainsi.

L'action catalytique du noir de platine de Löw s'effectuant à froid, son emploi permet au contraire l'hydrogénation des composés acétyléniques les moins stables. On sait que l'emploi de ce noir a été indiqué par Willstätter qui s'en est servi pour fixer de l'hydrogène sur divers composés éthyléniques. Il était presque certain *a priori* que la méthode réussirait également lorsqu'on aurait affaire à des composés acétyléniques. Appliquée par M. Vavon et moi dans le cas de l'acide octadiine dioïque (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1331), elle nous a permis en effet d'arriver à l'acide subérique, avec un rendement sensiblement quantitatif.

Poursuivant ces recherches, j'ai vu qu'on arrivait encore à des résultats fort satisfaisants lorsqu'on avait affaire à des glycols mono- ou biacétyléniques. C'est ainsi que, parti du glycol

$$CH^2OH - C \equiv C - CH^2OH$$

découvert par Jotsitch, je suis arrivé au glycol tétraméthylénique

$$CH^2OH - CH^2 - CH^2 - CH^2OH.$$

De même, en prenant comme point de départ le glycol

$$CH^2OH - C \equiv C - C \equiv C - CH^2OH$$

que j'ai décrit autrefois (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 1295), je suis arrivé à l'hexaméthylèneglycol

$$CH^2OH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH.$$

Les deux glycols saturés, dont il vient d'être question, ont été obtenus pour la première fois à l'état de pureté par M. Hamonet; les mesures que j'ai effectuées sur les produits auxquels je suis arrivé (points de fusion et d'ébullition des deux glycols, points de fusion de leurs diphényluréthanes) sont en complet accord avec les données de ce savant. Les voies que j'ai suivies sont-elles moins longues et plus rémunératrices que celles indiquées par M. Hamonet? N'ayant point pratiqué ces dernières, je ne saurais le dire, mais je ferai remarquer que l'hydrogénation des glycols acétyléniques m'a donné d'excellents rendements.

Quant au mode opératoire, il est des plus simples : le glycol, dilué dans l'éther ou l'alcool, est additionné de noir de platine, puis agité dans une atmosphère d'hydrogène; quand le gaz cesse d'être absorbé, on évapore le solvant, il reste le glycol saturé, cristallisé et fondant bien.

Le fait que le produit obtenu fond bien de prime abord pourrait laisser croire à un rendement quantitatif. Cependant la mesure des volumes d'hydrogène absorbés montre que l'hydrogénation dépasse un peu le but, et en effet l'hexaméthylèneglycol n'est pas le seul corps formé dans la réaction. Il est accompagné de petites quantités d'hexane et d'hexanol.

On pouvait espérer que les fonctions alcools seraient protégées par leur transformation en éthers-oxydes; il semble que le contraire ait lieu, ainsi qu'il résulte de recherches faites sur les éthers diméthyliques du butinediol et de l'octa-diinediol. Ce dernier (qui fond à — 3° et que j'ai obtenu par l'action de l'éther chlorométhylique sur le dérivé dimagnésien du bipropargyle) fournit par son hydrogénation un mélange qui paraît constitué par un peu d'éther saturé, beaucoup d'octane et beaucoup d'oxyde de méthyle et d'octyle.

D'après ce que l'on sait relativement à d'autres cas, ces hydrogénations supplémentaires pourraient sans doute être évitées en grande partie, si l'on faisait usage d'un catalyseur déjà un peu épuisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau menthol tertiaire; passage du pinène au menthène.* Note de M. **A. Béhal**, présentée par M. A. Haller.

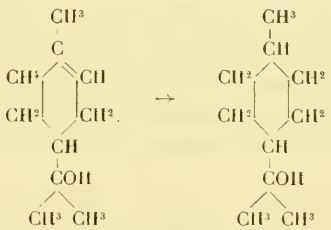
MM. Haller et Martine (*Comptes rendus*, 1er sem. 1905, p. 1298) ont observé qu'en hydrogénant le terpinéol par le nickel réduit et l'hydrogène, on obtenait de l'hexahydrocymène.

En me plaçant dans des conditions différentes j'ai obtenu, en me servant des mêmes réactifs et du terpinéol, un alcool d'hydrogénation qui est un menthol tertiaire.

En partant de terpinéol fusible à 35° actif ou non sur la lumière polarisée, on obtient un corps qui, à l'état de pureté, présente les caractères suivants :

Son point d'ébullition est à 99°-100° sous 17^{mm} à 206°-208° sous la pression ordinaire; sa densité à 20° est de 0,912. Il ne possède pas de pouvoir rotatoire, même en partant de terpinéol actif, ce qui concorde avec l'absence du carbone asymétrique dans sa formule; son indice de réfraction est à 18°, pour la raie D, $n = 1,46874$; la réfraction moléculaire calculée pour $C^{10}H^{20}O$ est de 47,53; on trouve 47,6.

Au point de vue théorique, le terpinéol fusible à 35° peut donner par hydrogénation naissance à deux isomères stéréochimiques, un cis et un trans, comme le montre sa formule de constitution :



le méthyle et le groupement isopropylique pouvant être en position cis ou en position cis-trans.

Je me suis attaché à démontrer l'existence de ces deux alcools dans le produit.

A cet effet j'ai combiné $15^g,6$ de menthol avec $11^g,9$ d'isocyanate de phényle.

J'ai opéré en tube scellé et à froid.

Les cristaux sont broyés avec l'éther de pétrole et l'on essore. On fait alors cristalliser le produit solide dans l'alcool à 95°.

Il fond à 94°-95°. On caractérise dans le résidu de la diphénylurée par son point de fusion.

L'alcool régénéré par saponification présente les caractères mentionnés plus haut.

Il ne semble donc y avoir qu'un seul des alcools prévus théoriquement.

Traité par le sodium en liqueur benzénique il donne un dérivé sodé soluble dans le benzène, fournissant par l'anhydride acétique un éther acétique (éb. 104° sous 16^{mm}).

Traité par l'acide acétique en présence d'acide sulfurique, l'alcool se dissout d'abord, puis en un temps plus ou moins long, environ 30 minutes, quand on dissout l'alcool dans deux fois son poids d'acide acétique cristallisable, il se sépare une couche incolore qui, lavée à l'eau et avec un alcali, se présente comme formée essentiellement d'un carbure, d'un menthène, comme je vais l'établir; la majeure partie bout à 172°-174° sous la pression ordinaire; sa densité à 21° est de 0,819; son indice de réfraction pour la raie D à 21° est de 1,45862; la réfraction moléculaire trouvée est, d'après cela, de 46,00; calculée, elle est de 45,63.

On a oxydé ce carbure par le permanganate de potassium en liqueur aqueuse à 1 pour 100 à froid, on a opéré sur 100^g de carbure en agitant mécaniquement, et l'on a pu isoler seulement de la propanone, de la paraméthylcyclohexanone et de l'acide β-méthyladipique.

De l'ensemble des produits d'oxydation on peut déduire que la constitution du menthène obtenu est la suivante :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^2 - CH^2 \\ CH^2 - CH^2 \end{matrix}\!\!>\!CH - CH^4.$$

Or, Wallach (*Liebig's Ann.*, t. CCCLX, p. 72) a obtenu synthétiquement un carbure de cette formule en condensant l'éther bromoisobutyrique avec la *p*-méthylcyclohexanone et en saponifiant et déshydratant le produit obtenu.

Récemment, Auwers (*B. d. deutschen chem. Ges.*, t. XLII, p. 4895) a reproduit ce même carbure en partant de la pulégone. Les caractères accordés par ces auteurs à leurs produits concordent sensiblement avec ceux que j'ai indiqués.

L'action de l'acide oxalique sur le menthol tertiaire conduit à l'obtention d'un carbure qui est, pour la majeure partie, identique au carbure précédent.

Il possède un point d'ébullition situé plus bas, il passe surtout de 170° à 172°, sa densité est plus faible ($D^{20,5} = 0,8175$); son indice de réfraction est de 1,45922 à 20,5 pour la raie D; sa réfraction moléculaire trouvée est de 46,1; calculée 45,63.

Le carbure sulfurique acétique aussi bien que le carbure oxalique s'isomérisent plus ou moins complètement par le chauffage avec les réactifs acides ou alcalins, et se transforment en menthène identique au menthène provenant de la déshydratation du menthol ordinaire.

Il semble que c'est l'acide sulfurique à 5 pour 100 en volume à l'ébullition qui produit les meilleurs résultats. Wallach a déjà trouvé ce fait pour le carbure qu'il avait obtenu avec la *p*-méthylcyclohexanone et Auwers l'a

confirmé pour celui qu'il a préparé avec la pulégone. Wallach avec le chlorure de nitrosyle et l'hydrogénation ultérieure a obtenu l'oxime de la menthone, Auwers a répété l'expérience de Wallach sur le menthène de la pulégone isomérisée.

J'ai caractérisé le menthène en le transformant en menthone par l'iode et l'oxyde mercurique (Bougault) et en décomposant ensuite l'iodhydrure restant par le nitrate d'argent.

J'ai pu ainsi obtenir un liquide possédant toutes les propriétés de la menthone, odeur, point d'ébullition, mais ne donnant à froid avec le semicarbazide qu'une petite quantité de carbazone de la menthone.

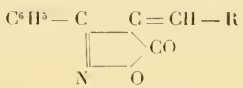
L'oxydation au permanganate de potassium à froid faite suivant le procédé Wagner fournit, à côté du carbure inaltéré, un mélange de corps solubles dans l'eau qui sont sans odeur, possèdent une saveur extrêmement forte de menthe et qui, par l'action de l'acide sulfurique à 5 pour 100 à l'ébullition, fournissent entre autres produits de la menthone que j'ai pu caractériser par son point d'ébullition et le point de fusion de sa semicarbazone.

Ainsi se trouve réalisé le passage du pinène au menthène : pinène, terpinéol, hydroterpinéol, menthène $\Delta\,\frac{1}{8}$, menthène, menthone.

Je me propose de revenir sur les produits de l'oxydation du menthène et sur l'action de l'acide sulfurique acétique sur ce carbure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de la phénylisoxazolone avec l'éther mésoxalique.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans une précédente Communication [1] j'ai étudié, en collaboration avec M. A. Wahl, les produits de condensation de la phénylisoxazolone avec les aldéhydes aromatiques. Ces corps possèdent la constitution suivante :



R représentant le radical aromatique. La même réaction a été étendue aux

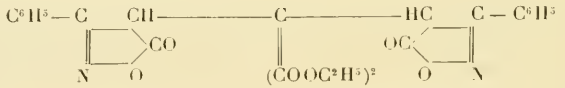
[1]) A. Wahl et André Meyer, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 638.

méthoxyphénylisoxazolones [1]. Enfin, M. Wahl a décrit leurs produits de condensation avec le chlorure d'isatine [2].

La phénylisoxazolone, donnant ainsi des réactions très variées, m'a paru mériter une étude plus approfondie. J'ai d'abord essayé d'en réaliser la condensation avec des corps cétoniques, tels que le benzile, ou les éthers mésoxaliques, α-β-dicétoniques, etc., qui possèdent une aptitude marquée à cette réaction. La présente Note a pour objet de faire connaître le produit de la condensation avec l'éther mésoxalique, c'est-à-dire le *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone* et ses dérivés.

L'éther mésoxalique a été obtenu suivant un procédé quelque peu différent de ceux indiqués jusqu'ici [3], et dont les détails seront publiés dans un autre Recueil. Sa condensation s'effectue dans de bonnes conditions en versant $1^{mol},10$ de mésoxalate d'éthyle sur 2^{mol} de phénylisoxazolone, ce qui produit un dégagement de chaleur notable. On ajoute de l'alcool à 95° jusqu'à dissolution à chaud, et l'on achève la réaction par une ébullition d'environ 30 minutes à 45 minutes. Par refroidissement, il se dépose un composé incolore, qu'on purifie par des cristallisations dans l'alcool ou la benzine bouillants. Le rendement est de 85-90 pour 100; il est abaissé par l'addition d'agents de condensation, même de pipéridine, ou par la prolongation de la durée de chauffe, par suite de la production de résines.

L'analyse assigne à ce produit la formule $C^{25}H^{22}O^8N^2$; sa constitution peut se représenter de la façon suivante :



Je le désignerai, selon l'usage, sous le nom de *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone*.

Il cristallise de sa solution dans l'alcool dilué en gros cristaux octaédriques incolores, fondant à 187° en se décomposant. Insoluble dans l'eau, le chloroforme, l'éther, la ligroïne froids ou chauds; il est soluble à l'ébullition dans l'alcool, la benzine, l'éther acétique, l'acide acétique. L'acide SO^4H^2 concentré le dissout; l'addition d'eau le pré-

---

(1) Silberzweig, *Thèse*, Université de Nancy, mai 1910. p. 53.

(2) A. Wahl. *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 352.

(3) Schmitt, *Ann. de Ph. et de Ch.*, 8e série, t. XII, p. 407. — Curtiss, *Amer. ch. J.*, t. XXXIII, p. 603. — Voir aussi Bouveault et Wahl, *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1221.

cipite inaltéré. Les alcalis caustiques et carbonatés le dissolvent à froid; de la solution, les acides minéraux le séparent inattaqué. L'action prolongée des alcalis caustiques produit une altération profonde.

Sels métalliques. — Le *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone* forme des sels définis. Lorsqu'on le traite par la quantité calculée de CO^3Na^2 ou d'éthylate de sodium, on obtient une solution neutre à la *phtaléine;* par évaporation de la solution, on obtient des cristaux hexagonaux, incolores, très solubles dans l'eau et l'alcool dilué. Le dosage du Na dans le sel desséché correspond à la formule $C^{25}H^{20}O^8N^2Na^2$.

Par double décomposition, ce sel forme des précipités blancs, insolubles, avec les sels d'Ag, de Pb, de Zn, de Hg; $FeCl^3$ donne avec lui un précipité violacé. Les sels alcalins et alcalinoterreux sont solubles dans l'eau.

Dérivé diéthylique, $C^{29}H^{30}O^8N^2$. — Il s'obtient par l'action de 2^{mol} de C^2H^5I sur le sel sodique précédent, préparé à l'aide de l'éthylate de sodium en solution dans l'alcool absolu. Par addition d'eau, le produit de la réaction se dépose; il se présente, après purification, en fines aiguilles incolores, fondant à 200°-201° sans décomposition, insolubles dans l'eau, les alcalis, solubles dans l'alcool, le benzène, le chloroforme.

Dérivé diacétylé, $C^{29}H^{26}O^{10}N^2$. — Sa production a lieu par l'action de l'anhydride acétique à 100°, soit après addition d'un peu de SO^4H^2, soit en solution benzénique en présence de pyridine. Le corps obtenu est purifié par cristallisation dans l'alcool, puis dans un mélange de benzine et d'alcool. Prismes incolores, fondant sans se décomposer à 166°, peu solubles à froid dans l'alcool, plus solubles dans l'acétone, le chloroforme et l'éther acétique, insolubles dans les alcalis.

Dérivé dibenzoylé, $C^{39}H^{30}O^{10}N^2$. — Il se prépare par l'action du chlorure de benzoyle sur une solution benzénique additionnée de pyridine. On l'isole en cristaux incolores, qu'on purifie par ébullition avec l'alcool et qu'on fait cristalliser à plusieurs reprises dans la benzine puis dans le chloroforme alcoolisé. Il fond à 194° sans décomposition. Peu soluble dans l'alcool, insoluble dans les alcalis, ce corps se dissout assez bien dans l'éther acétique et l'acétone.

Benzolazophénylisoxazolone, $C^{15}H^{11}O^2N^3$. — Lorsqu'on fait agir 2^{mol} de chlorure de phényldiazonium sur une solution alcaline, maintenue à 0°, de 1^{mol} de *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone*, on observe un vif dégagement gazeux, en même temps qu'un corps jaune se précipite. Par des cristallisations dans l'alcool, puis dans l'acide acétique, on obtient des aiguilles jaune clair, fusibles à 165°-166° en se décomposant. Ce produit est identique avec la *benzolazophénylisoxazolone*, décrite par Claisen et Zedel [1].

Tous ces résultats s'accordent complètement avec la constitution que j'ai attribuée au *mésoxalate d'éthyle-bis-phénylisoxazolone*.

---

[1] Claisen et Zedel, *D. ch. Ges.*, t. XXIV, p. 142.

CRYPTOGAMIE. — *Sur quelques Plasmodiophoracées.* Note de MM. **René Maire** et **Adrien Tison**, présentée par M. Guignard.

Le genre *Tetramyxa* Goebel est beaucoup moins connu que les autres genres de la famille des Plasmadiophoracées, *Plasmodiophora* Wor. et *Sorosphæra* Schröt. Il comprend deux espèces : *T. parasitica* Goebel, parasite des *Ruppia* et *Zannichellia* et le *T. Triglochinis* Moll., parasite des *Triglochin*.

L'espèce type, *T. parasitica* Goebel, paraît n'avoir pas été étudiée depuis sa découverte par Goebel et Hisinger. Nous avons pu examiner de nombreuses tumeurs produites par ce parasite sur le *Ruppia rostellata* Koch. dans les eaux saumâtres de la côte du Calvados. L'étude cytologique de cet organisme nous a montré ses affinités étroites avec le *Plasmodiophora Brassicæ* Wor. et le *Sorosphæra Veronicæ* Schröt.

Le développement des tumeurs se fait par division d'une ou plusieurs cellules primitivement infectées. Ces cellules demeurent de petite taille et se divisent activement, formant ainsi un massif considérable de cellules contenant le parasite. Autour de ce véritable néoplasme, les cellules saines se multiplient, moins activement toutefois, et se décolorent. Les cellules infectées restent de petite taille et leur noyau se déforme à peine.

Le parasite présente d'abord une phase schizogonique qui se prolonge pendant toute la durée de la formation de la tumeur. La schizogonie s'opère ordinairement au moment de la division de la cellule-hôtesse. Il n'y a habituellement dans chaque cellule infectée qu'un seul schizonte plasmodiforme; quelquefois cependant il y en a plusieurs fusionnés, au moins en apparence, en un plasmode.

Dans ce dernier cas, l'individualité des schizontes n'est reconnaissable que par le manque de synchronisme des divisions nucléaires dans certaines parties de la masse du plasmode.

Pendant la phase schizogonique, les noyaux du *Tetramyxa parasitica* se divisent suivant le mode particulier décrit par Navaschin, Prowazek et nous-mêmes chez les *Plasmodiophora* et *Sorosphæra*. Ces divisions sont intranucléaires et comportent une mitose d'idiochromatine combinée avec une amitose de trophochromatine.

A la phase schizogonique succède une phase sporogonique.

Au début de cette seconde phase, les plasmodes deviennent pariétaux, puis la structure de leurs noyaux subit des modifications semblables à celles que nous avons décrites dans le *Sorosphæra* : le gros karyosome du noyau des schizontes disparaît en même temps que le protoplasma se charge de chromidies; puis le noyau acquiert un réticulum chromatique très net et un petit nucléole. Les énergides composant les plasmodes se séparent; dans chacune des cellules nues ainsi formées, le noyau subit deux divisions semblables à celles que l'on observe à la même phase chez les *Plasmo-*

diophora et *Sorosphæra*. Il en résulte la formation de quatre cellules-filles qui s'entourent chacune d'une membrane ; ces cellules constituent les spores et restent le plus souvent unies en tétrade.

Pas plus ici que chez le *Plasmodiophora Brassicæ* et le *Sorosphæra Veronicæ*, nous n'avons pu trouver trace du processus d'autogamie décrit par Prowazek dans la formation de la spore de *Plasmodiophora Brassicæ*.

Molliard a décrit brièvement un *Tetramyxa Triglochinis* qui produit des tumeurs sur l'axe de l'inflorescence du *Triglochin palustre* L. En recherchant ce parasite sur le *Triglochin maritimum* L. dans les marais salés du littoral du Calvados, nous avons trouvé des tumeurs de l'axe de l'inflorescence correspondant assez bien à celles décrites par Molliard. Ces tumeurs contiennent des cellules hypertrophiées, bourrées de schizontes plurinucléés ou très souvent uninucléés, dans lesquels nous avons observé la mitose végétative si caractéristique des Plasmodiophoracées. Il est donc extrêmement probable que nous avons affaire au *Tetramyxa Triglochinis*; toutefois il est impossible de l'affirmer, car nous n'avons jamais pu observer de spores. Nous avons suivi attentivement le développement du parasite en 1909 et en 1910, et nous avons constaté que les nombreux *Triglochin* attaqués se sont tous desséchés sans avoir porté aucune spore du parasite. Les derniers stades du parasite que nous observions étaient des schizontes uninucléés, arrondis ou en croissant, mais toujours nus, remplissant complètement les cellules infestées. Dans les tumeurs desséchées, les cellules-hôtesses sont vides. Cet extraordinaire arrêt de développement, qui se place avant le début de la phase sporogonique, s'est produit régulièrement sur des centaines de spécimens dans deux localités différentes (Courseulles et Sallenelles). Nous avons recherché si le parasite en question pouvait attaquer d'autres parties de la plante, et nous l'avons retrouvé, exceptionnellement toutefois, sur les feuilles, où il forme de petites tumeurs. Dans ces tumeurs foliaires, le parasite évolue absolument comme dans les tumeurs de l'inflorescence.

Il est difficile, en présence de ces faits, d'expliquer comment le parasite du *Triglochin maritimum* peut se conserver d'une année à l'autre. Peut-être les schizontes uninucléés sortent-ils de la tumeur avant la dessiccation complète et vont-ils s'enkyster dans le sol? Nous n'avons pu, malgré de nombreuses observations, trouver aucun indice de nature à appuyer cette hypothèse. Aussi avons-nous jugé utile de signaler ce phénomène étrange, afin de provoquer de nouvelles observations qui livreront sans doute la solution du problème.

Remarquons, pour terminer, que nos observations établissent la constance remarquable du mode de division nucléaire, pendant la phase schizogonique, chez toutes les Plasmodiophoracées connues. Il en résulte que l'étude cytologique permettra de reconnaître une Plasmodiophoracée dans les tissus d'une plante nourricière, alors même qu'on aurait affaire à un parasite jeune, n'ayant pas encore produit de spores.

CRYPTOGAMIE. — *Sur la culture du* Rœsleria *de la vigne.* Note de MM. **P. Viala** et **P. Pacottet**, présentée par M. L. Guignard.

Le *Rœsleria* de la vigne (*Vibrissea hypogæa*) est un champignon qui vit sur les racines, surtout à l'état de saprophyte; son mycélium, interne aux tissus qu'il corrode et dissout, produit des fruits thécasporés (les seuls connus) à la surface des organes envahis. Les asques, avec 5 à 8 acospores, mélangées à des paraphyses, sont groupées en tête verdâtre, sur pied de 5^{mm} à 6^{mm} de haut. Nous avons isolé et cultivé le *Rœsleria* en milieux liquides et solides; le champignon a donné des organes de reproduction très particuliers, non encore signalés.

Sur milieux solides, le mycélium forme des trames très épaisses, d'un vert malachite foncé, au sein desquelles apparaissent de nombreux conidiophores blancs ou d'un blanc grisâtre, isolés ou tangents, de 1^{mm} à 3^{mm} de haut; ils sont tronconiques, à tissu dense dans leur axe. Sur le pourtour et sur toute la hauteur, se détachent des filaments flexueux qui donnent aux conidiophores un aspect pileux; certains filaments restent plus petits et sont stériles, d'autres se renflent à leur sommet et séparent une conidie. Ces conidies sont à peine teintées de vert, à membrane épaisse et mesurent 5^{mm} à 6^{mm} sur 4^{mm} à 5^{mm}.

A la surface des liquides, se forment les mêmes lames mycéliennes d'un vert malachite. Dans de profonds récipients, le *Rœleria*, cultivé immergé, produit, au sein du liquide, des sphères spongieuses qui atteignent leur complet développement au bout d'un dizaine de mois. Ces sphères, fixées sur un pied aplati, mesurent de 3^{cm} à 5^{cm} de diamètre sur 1^{cm} à 3^{cm} d'épaisseur; elles sont mamelonnées, d'un vert malachite très foncé à leur surface et ressemblent à des nostocs. Le centre des sphères nostocoïdes est constitué par un mycélium fin, condensé, identique à celui des autres cultures ou des racines rœslériées. Dans la zone externe, la seule colorée, la trame enchevêtrée de fins mycéliums émet de nombreux tubes dont quelques-uns se renflent en boules successives. Le nombre des dilatations est très variable; on en compte au moins 5 et jusqu'à 15 et 20; on observe souvent 4, 7 ou 8 renflements. Une dilatation termine assez souvent le tube, mais le fait n'est pas constant. Les renflements se limitent en cellules sphériques superposées, d'un vert malachite, qui se détachent en vraies spores verdâtres de 4^{μ}, 5^{μ} à 6^{μ} de diamètre, à membrane épaisse, analogues aux sporidies. On

ne trouve les chapelets de spores que dans l'écorce vert malachite de ces fruits aquatiques, où ils sont serrés et plus ou moins enchevêtrés dans leur direction plutôt radiale.

Comment interpréter la nature de ces productions si particulières en plein milieu liquide, presque anaérobie, et obtenues dans ce milieu seulement? On pourrait comparer ces fruits à des thèques monstrueuses de *Rœsleria;* mais l'étude cytologique du développement ne permet pas l'assimilation. Ces formations sont-elles des fruits composés de chlamydospores se produisant dans ce cas de façon très spéciale par rapport à ce qui a été constaté pour d'autres champignons? Dans ceux-ci, les chlamydospores sont disséminées irrégulièrement et jamais groupées en fructification régulière.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fibrine du sang.* Note de M. C. Gessard, présentée par M. E. Roux.

On décrit souvent la fibrine avec certains attributs qui ne lui appartiennent pas en propre.

C'est la faculté de décomposer l'eau oxygénée d'une part, la solubilité dans les solutions salines d'autre part, lesquelles sont dues respectivement à la catalase et aux globules blancs que la fibrine a fixés. Un effet plus anciennement connu du pouvoir fixateur de ce corps porte sur le fibrine-ferment, par quoi s'ajoute aux propriétés adventices susdites la propriété de coaguler le fibrinogène, que possèdent les solutions de fibrine.

Toutefois, ces trois propriétés ne se trouvent réunies que dans la fibrine obtenue par battage du sang, du fait que celle-ci prend naissance dans un milieu où l'action mécanique diffuse les principes porteurs de ces propriétés.

Au contraire, dans le plasma obtenu par centrifugation du sang au sortir de la veine, la fibrine se forme à l'écart des éléments figurés du sang, qui sont d'ailleurs soustraits dès l'abord aux violences capables de vider leur contenu. En conséquence, j'ai vu que cette fibrine peut être introduite dans l'eau oxygénée sans la décomposer (1). M. H. Rulot a montré, d'autre part, l'insolubilité de cette même fibrine dans les solutions salines (2). J'en conserve, en effet, un fragment intact dans une solution de chlorure de so-

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1467.

(2) *Mém. Acad. Belg.*, t. LXIII, 1903, et *Arch. internat. de Physiologie*, t. I, 1904, p. 152.

dium au dixième, depuis le 10 janvier. Quant à la propriété coagulante, elle ne saurait faire question ici, la constatation en étant subordonnée à la dissolution préalable de la fibrine; elle manque, en tout cas, dans l'eau salée où cette fibrine a macéré ce long temps indissoute.

Cette fibrine aux caractères négatifs se retrouve ailleurs que dans le plasma de centrifugation. C'est dans le caillot, par exemple, dans le sang de cheval (l'espèce animale qui a servi à mes recherches) abandonné à la coagulation spontanée, comme on fait journellement pour en obtenir le sérum. On distingue au-dessus de la couche jaune rougeâtre, dite *couenne*, une membrane mince, blanc grisâtre, résistante, élastique, qui se sépare assez aisément du reste. L'examen microscopique, joint aux caractères précédents, révèle la nature exclusivement fibrineuse de cette membrane.

Elle offre d'emblée la texture que la fibrine de plasma n'acquiert qu'après que la rétraction du caillot a vidé et tassé les mailles du réseau où le sérum est emprisonné, et elle a par ailleurs, comme j'ai dit, les propriétés de cette dernière.

La couenne exprimée et bien lavée jusqu'à être réduite en filaments fibrineux de parfaite blancheur, constitue un produit encore différent des précédents. Cette dernière fibrine se dissout dans la solution de chlorure de sodium au dixième aussi bien que la fibrine de battage, mais à l'inverse de celle-ci, sa solution est sans action sur le fibrinogène. Comme pouvoir catalytique aussi, elle lui est notablement inférieure.

Ainsi, selon le mode opératoire, on obtient des fibrines qui sont différenciées dans certaines propriétés : propriétés, répétons-le, purement d'emprunt, et qui sont, par suite, diversement appropriées aux buts que l'on peut viser.

MÉDECINE. — *Reproduction expérimentale du typhus exanthématique chez le Macaque par inoculation directe du virus humain.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **E. Conseil**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note antérieure [1], l'un de nous a montré que le typhus exanthématique pouvait être reproduit par l'inoculation du sang de malade au chimpanzé, puis avec le virus de cet animal chez le *Macacus sinicus*

[1] C. Nicolle, *Comptes rendus*, 12 juillet 1909. Cf. également notre Mémoire d'ensemble sur le typhus : *Annales de l'Institut Pasteur*, avril 1910.

(bonnet chinois). Deux passages avaient pu être réalisés ensuite de bonnet à bonnet après lesquels le virus s'était affaibli au point de ne plus donner à ce singe qu'un typhus abortif et non inoculable. D'autre part, les tentatives d'inoculation directe du sang humain aux macaques (un *M. sinicus*, un *M. cynomolgus*) avaient échoué et le virus du bonnet chinois s'était montré inactif au premier et au second passage pour trois espèces voisines (*M. rhesus*, *M. cynomolgus* et *M. inuus*).

Nous avons repris au printemps 1910 nos expériences sur le typhus. Grâce à la libéralité de l'Institut Pasteur et à l'appui bienveillant que nous avons rencontré auprès du Gouvernement tunisien, il nous a été possible de poursuivre avec un matériel d'expériences et des ressources infiniment plus larges nos recherches. Elles ont précisé dans leurs lignes essentielles nos constatations antérieures, confirmées déjà par des travaux étrangers et nous ont permis d'acquérir en outre d'intéressantes données nouvelles.

Nous ne parlerons dans cette Note que de la reproduction expérimentale du typhus chez les macaques par inoculation *directe* du virus humain, c'est-à-dire sans passage par le chimpanzé. Nous rapportons à cet effet huit expériences dont six concernent le bonnet chinois, deux le *M. rhesus*.

Tous nos animaux ont été inoculés avec le sang de malades.

Nous ne donnons que quatre courbes montrant les divers types de typhus expérimental du singe.

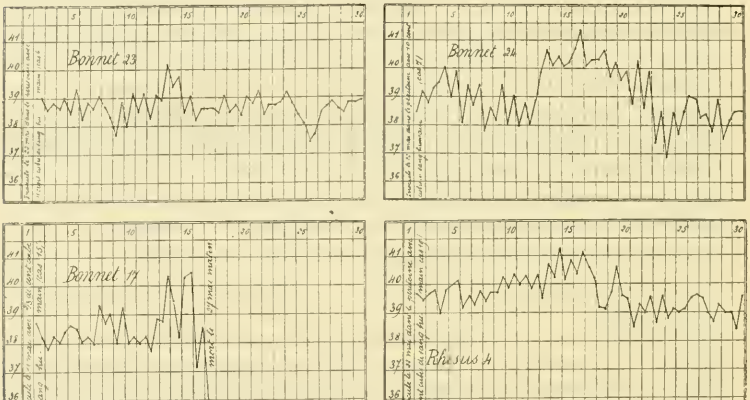
Rien à noter de bien spécial chez nos animaux. Le typhus a évolué silencieusement dans les cas légers, mais il y a toujours eu faiblesse et amaigrissement dans la seconde moitié de la période fébrile ou dans la convalescence. Nous n'avons jamais constaté d'éruption; la plupart des singes ont eu les yeux injectés pendant la maladie et ont présenté ultérieurement un peu de desquamation de la face.

Nous pouvons conclure de ces expériences qu'il est possible d'infecter avec succès le *Macacus sinicus* et le *Macacus rhesus* directement avec le sang des typhiques. Le succès n'est pas certain, la meilleure méthode demeure le passage par chimpanzé, mais l'infection de quelques-uns de nos animaux a été en tout identique à la maladie humaine; dans un cas même elle a déterminé la mort.

L'intensité de la maladie est fonction de la quantité de sang injectée, de la voie choisie par l'inoculation et plus encore de l'activité, très variable suivant les cas, du virus humain.

Ces faits étaient utiles à publier sans attendre, car les auteurs américains Anderson et Goldberger, Ricketts et Wilder qui ont repris nos expériences de l'an dernier avec le virus exanthématique mexicain, ayant obtenu l'in-

fection du *M. rhesus* par l'inoculation directe de sang défibriné de malade dans le péritoine, ont déjà conclu prématurément de ces désaccords apparents de nos expériences antérieures avec les leurs, que le typhus du Mexique (*Tabardillo*) est différent du typhus de l'ancien monde ([1]). Or, à tous points de vue, ces deux maladies sont identiques. L'agent de transmission dans les deux cas est le pou (sur ce point, Ricketts et Wilder viennent encore de confirmer nos expériences) atteint de typhus caractéristique à diverses périodes de l'infection.



Nous savons, et nous prouverons par une prochaine Note, que le sang est virulent dans le typhus jusqu'à la fin de la période fébrile.

Mais à ce point près, les conditions de nos expériences n'ont pas été les mêmes. Le virus provenait (sauf pour un *sinicus* et un *rhesus*) de cas différents; les quantités inoculées ont varié et l'inoculation a été pratiquée tantôt par voie sous-cutanée, tantôt par voie péritonéale. Ces diverses influences

---

([1]) Le *Macacus rhesus* sur lequel expérimentent les auteurs américains est un mauvais animal pour l'étude d'une infection qui ne se traduit souvent que par sa seule réaction fébrile. Chez ce macaque, la température normale avoisine souvent 40°; les courbes thermiques du typhus expérimental sont donc chez lui infiniment moins nettes que chez le bonnet chinois qui présente une température plus basse.

se sont traduites par des résultats différents que mettent en évidence le tableau résumé suivant et les courbes thermiques qui l'accompagnent :

I. *M. sinicus* 16. Inoculé avec $0^{cm^3},75$ de sang du malade 3 sous la peau. Résultat négatif.

II. *M. sinicus* 15. Inoculé avec 1^{cm^3} de sang du malade 1 sous la peau. Typhus abortif du 15e au 20e jour.

III. *M. sinicus* 18. Inoculé avec $0^{cm^3},50$ de sang du malade 14 sous la peau. Typhus léger du 24e au 26e jour. Amaigrissement à la suite.

IV. *M. sinicus* 23. Inoculé avec 4^{cm^3} de sang du malade 6 dans la cavité péritonéale. Typhus léger du même type que le précédent, mais après 12 jours seulement d'incubation.

V. *M. sinicus* 24. Inoculé avec 10^{cm^3} de sang du cas 7 dans la cavité péritonéale. Typhus grave du type humain de 10 jours de durée après 13 jours d'incubation.

VI. *M. sinicus* 17. Inoculé avec $0^{cm^3},66$ de sang du cas 6 sous la peau. Typhus très grave, après 13 jours d'incubation, se terminant par la mort au 5e jour. (Un chimpanzé témoin a contracté un typhus classique du type humain.)

VII. *M. rhesus* 2. Inoculé dans les mêmes conditions que le bonnet 15. Résultat négatif.

VIII. *M. rhesus* 4. Inoculé avec 5^{cm^3} de sang du cas 19 dans la cavité péritonéale. Après 12 jours d'incubation, typhus classique d'une durée de 8 jours environ.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Propriétés neutralisantes d'une substance isolée du cerveau normal.* Note de M. **A. Marie**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons déjà montré [1], dans la substance cérébrale des mammifères, la présence de propriétés actives contre l'action pathogène du virus rabique. Elles existaient dans le suc obtenu en soumettant la masse encéphalique broyée à de très fortes pressions; on les retrouvait aussi dans des produits entraînés par des précipités offrant les caractères ordinaires des nucléoprotéines.

Nous désirons revenir sur l'étude de ces composés, que nous sommes parvenus, aujourd'hui, à isoler de la substance nerveuse.

On prépare, avec l'eau distillée, une émulsion de matière cérébrale, qu'on additionne d'une goutte d'acide acétique cristallisable pour chaque gramme de substance nerveuse. La masse est jetée sur un filtre, puis reprise par l'acide acétique, à raison de $0^{cm^3},10$ par gramme de cerveau. Après centrifugation, on précipite le liquide surna-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLIX, 19 juillet 1909, p. 234.

geant par NaCl à 20 pour 100, et l'on isole enfin, par filtration, la solution active, qu'on pourra dialyser de manière à la débarrasser de l'excès d'acide acétique et des substances salines.

Ses caractères chimiques sont ceux d'un acidalbuminoïde [1] : il est précipité de sa solution par la dialyse et par neutralisation; le sulfate de magnésie à saturation le précipite totalement. La température de l'ébullition ne coagule pas cette substance dissoute. Enfin, en plus de ces réactions de précipitation, elle présente celles de coloration communes à tous les albuminoïdes (réaction de Millon, xanthoprotéique, du biuret).

Ses propriétés biologiques sont les suivantes:

Si l'on prépare un mélange d'une émulsion centésimale de virus rabique et de cette solution albuminoïde, préalablement débarrassée de l'acide par dialyse ou par NaOH, on constate que le virus de la rage a perdu ses propriétés pathogènes; inoculé dans le cerveau des animaux sensibles, un tel mélange se montre complètement inoffensif pour eux. Nous avons traité la même émulsion virulente par du sérum normal additionné de quantités variables d'acétate de soude, ou encore par des solutions plus ou moins concentrées de ce sel, et toujours le virus avait conservé, dans ces mélanges, ses propriétés pathogènes.

La substance albuminoïde que nous avons isolée du cerveau est donc bien douée par elle-même de propriétés antirabiques.

Celles-ci sont parfois assez prononcées: ainsi l'encéphale d'une femme qui avait succombé à un érysipèle nous a fourni un extrait capable de neutraliser jusqu'à cinq fois son volume d'une émulsion virulente centésimale.

Dans notre première Communication sur cette question, nous avions noté que l'ancien procédé ne permettait pas de mettre de telles propriétés en évidence dans le cerveau de tous les mammifères. Cette préparation nouvelle nous a montré au contraire la réalité de ce pouvoir neutralisant dans l'encéphale des diverses espèces en usage dans les laboratoires, singe, chien, lapin, cobaye.

De tels phénomènes nous paraissent intéressants à plusieurs points de vue. Quelle que soit l'interprétation qu'on en puisse donner, quelle que soit l'idée que l'on se fasse de la signification d'une telle substance, un fait demeure acquis, c'est que de la matière nerveuse, le seul milieu de culture connu pour le virus de la rage, on peut extraire, après la mort, une produit capable de le neutraliser. Il nous semble judicieux de tenir compte de la présence de ce produit dans les essais de culture *in vitro* qu'on voudrait faire en partant de la substance nerveuse virulente.

---

[1] L'analyse n'y montre pas de phosphore.

Une autre constatation intéressante se dégage de l'étude de ce composé albuminoïde, c'est qu'il est thermostabile. On sait que les propriétés antitoxiques des sérums thérapeutiques cèdent à l'action des températures élevées en raison des processus de coagulation qui interviennent alors. La forme sous laquelle nous avons obtenu le produit actif en question lui permet d'échapper à de semblables processus et il en résulte qu'on peut le soumettre aux températures de 80° et 95° sans lui voir perdre ses propriétés neutralisantes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les produits de décomposition du chloroforme dans l'organisme.* Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Dastre.

Dans une Note précédente [1] j'ai démontré que chez le chien, pendant l'anesthésie et la période de retour, la moitié environ du chloroforme fixé par le sang et les tissus est décomposé dans l'organisme.

Les recherches qui suivent ont pour objet l'étude du mécanisme de cette décomposition.

Des recherches anciennes, et notamment celles de Kast et de Vidal, ont mis en évidence ce fait intéressant que l'élimination urinaire des chlorures alcalins, chez des animaux soumis à un régime déchloruré ou à l'inanition, augmente considérablement tout de suite après l'anesthésie. J'ai refait des expériences semblables et trouvé les mêmes résultats. On a signalé aussi dans l'urine des combinaisons chlorées organiques, mais ces corps, toujours en petite quantité vis-à-vis du chlore minéral, n'ont jamais été isolés.

Et ainsi, le fait de la production de chlorures alcalins lors de l'anesthésie chloroformique implique déjà, et de toute nécessité, une hydrolyse.

Deux réactions permettent, *in vitro*, de se rendre compte de l'hydrolyse *alcaline* [2] du chloroforme, soit par la potasse, soit par la soude; la première est la réaction classique de J.-B. Dumas

$$(1) \qquad CHCl^3 + 4KOH = 3KCl + HCO^2K + 2H^2O,$$

---

[1] *Comptes rendus*, même Tome, séance du 17 mai 1910, p. 1260.

[2] La seule à considérer, étant donnée la réaction alcaline générale du milieu organique.

la seconde est la réaction très intéressante découverte par Desgrez [1]

$$\text{(II)} \qquad CHCl^3 + 3KOH = 3KCl + CO + 2H^2O.$$

Toutes deux donnent naissance à la même quantité de chlorures, mais dans la seconde, en lieu et place du formiate, on trouve les éléments de l'acide formique : l'oxyde de carbone et l'eau. La première s'effectue *à chaud* en *milieu alcoolique*, la seconde a lieu *à froid*, ou à température peu élevée, en *milieu aqueux*.

Les carbonates et les phosphates alcalins ont une action faible ou nulle.

Ceci posé, comme les deux réactions ci-dessus expliquent la formation de chlorures alcalins, constatée expérimentalement *in vivo*, il reste à savoir si celle-ci est accompagnée de formiate [réaction (I)] ou d'oxyde de carbone [réaction (II)] ou des deux composés à la fois.

C'est ce que j'ai cherché à élucider.

Les conditions de milieu de la réaction (II) paraissent réalisées dans l'organisme, car nous avons montré il y a plus de dix ans, Desgrez et moi [2], qu'au cours de l'anesthésie on voit apparaître l'oxyde de carbone, en quantités minimes il est vrai, mais cependant parfaitement dosables, et toujours d'un ordre de grandeur bien supérieur à celui des quantités trouvées dans le sang normal : jusqu'à 5 fois plus.

J'ai entrepris dans un autre ordre d'idées deux séries d'expériences qui confirment les résultats précédents en les complétant. En voici le résumé [3].

1° *Décomposition de petites quantités de chloroforme par des solutions faibles de soude.* — J'ai choisi à dessein des quantités de chloroforme de l'ordre de grandeur de celles contenues dans le sang : 0,04 et 0,05 pour 100, et je les ai mises au contact de solution de soude dont l'alcalinité était au plus égale à celle admise pour le sang. Avec des solutions à $3^g,3$ par litre, et à l'étuve à 38°, le chloroforme est décomposé dans la proportion de 76,5 pour 100 en 24 heures, entièrement en 72 heures, suivant la réaction (II); l'oxyde de carbone peut être enflammé à la partie supérieure du flacon. Avec des solutions à 1^g de NaOH par litre, la décomposition est moins rapide, mais cependant très notable : 54,1 pour 100 en 24 heures, 74,3 pour 100 en 48 heures, 92 pour 100 en 8 jours.

2° *Disparition partielle du chloroforme du sang* in vitro *avec formation simultanée d'oxyde de carbone.* — On ajoute à du sang normal prélevé aseptiquement du

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXV, 1897, p. 780.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 758; *Archives de Physiologie*, 5e série, t. X, 1898, p. 377-386.

(3) Un Mémoire d'ensemble paraîtra prochainement dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*.

chloroforme, ou bien on recueille aseptiquement du sang d'un animal (chien) anesthésié. On place les sangs à l'étuve à 38° et l'on prélève à certains intervalles des échantillons pour y déterminer le chloroforme et l'oxyde de carbone (dosé par l'acide iodique) et les comparer aux quantités du début. Voici le résultat d'une de ces expériences faite avec le sang de l'anesthésie :

	Chloroforme pour 100cm³ de sang.	CO pour 100cm³ de sang.
	mg	cm³
Sang du début.....	48,6	0,28
Après 24 heures à 38°.....	45,8	0,37
Après 48 heures à 38°.....	42,2	0,79
Après 144 heures à 38°.....	41,7	0,84

Dans la dernière analyse (après 144 heures), les gaz ont été extraits de 105cm³ de sang et l'oxyde de carbone a été caractérisé et dosé par une analyse eudiométrique.

Deux autres expériences m'ont fourni des résultats semblables. Dans le sang acidifié (acide lactique), la décomposition ne se produit pas.

Ainsi donc la seconde série d'expériences, qui trouve dans la première un appui évident, démontre indubitablement la production d'oxyde de carbone aux dépens du chloroforme contenu dans le sang.

Je n'ai pas perdu de vue la possibilité d'une décomposition du chloroforme avec production de formiates alcalins suivant la réaction (1), et j'ai recherché ces corps dans l'urine, qui est leur voie d'élimination, d'après les recherches de Gréhant et Quinquaud. En employant la technique de ces auteurs, j'ai pu me convaincre que cette élimination est infime. La part qui revient à la réaction (1) dans la décomposition du chloroforme dans l'organisme est donc très faible, à moins que les formiates n'y soient décomposés et brûlés au fur et à mesure de leur production.

Finalement, de l'ensemble de ces recherches, on peut tirer les *conclusions* suivantes :

Le chloroforme est décomposé dans l'organisme en proportion notable : la moitié environ.

Tout se passe comme si cette décomposition était due à une hydrolyse alcaline; à côté des chlorures alcalins qui en résultent nécessairement, on peut affirmer la production d'oxyde de carbone. Si les formiates se forment en même temps, ce n'est vraisemblablement qu'en petites quantités.

Le sang, il y a tout lieu de le penser, est le siège de cette décomposition : la production *in vivo* d'oxyde de carbone dans le sang de l'animal anesthésié (Desgrez et Nicloux), la diminution *in vitro* du chloroforme du sang chloro-

formé et la formation simultanée d'oxyde de carbone [1] sont, on le conçoit aisément, deux arguments très sérieux en faveur de cette manière de voir. Le rôle éventuel du foie n'est pas encore étudié.

J'ajoute enfin qu'il est inadmissible de faire jouer à l'oxyde de carbone (dont la quantité dans le sang est toujours très petite, même au maxima de l'anesthésie) un rôle toxique dans la pathogénie des accidents post-chloroformiques (ictères graves) signalés depuis un certain temps par la clinique. Faut-il en rechercher l'origine dans la diminution notable de l'alcalinité générale de l'organisme, la soustraction rapide d'éléments minéraux indispensables dont les recherches précédentes ont démontré la réalité et l'intensité? C'est là une simple hypothèse que je me permets de signaler.

M. **Bouchard**, à l'occasion de la présentation faite par M. Dastre, rappelle qu'il a eu l'occasion de constater, il y a longtemps déjà, des faits qui ont été l'occasion de la démonstration par M. Desgrez de la production d'oxyde de carbone dans le chloroforme en présence d'eau et de potasse. Il s'exprime ainsi :

« Je cherchais à extraire les matières constitutives du corps des organismes inférieurs en les faisant macérer dans de l'eau alcalinisée par la potasse. L'organisme sur lequel j'opérais était la levure de bière. Pour empêcher tout acte vital de la levure et pour la mettre à l'abri des germes de putréfaction j'ajoutai du chloroforme au magma de levure et d'eau alcalinisée. Je laissai macérer. J'eus le désagrément de trouver le flacon débouché, le bouchon à terre à quelque distance. Je rebouchai et surveillai. J'assistai à une explosion : le bouchon fut chassé par des gaz dont je constatai l'effervescence. Je bouchai de nouveau et quand je sentis que des gaz accumulés tendaient à expulser le bouchon, j'approchai une allumette et je constatai l'issue d'un gaz inflammable. J'eus l'idée qu'il s'était produit, comme dans certaines fermentations anaérobies, de l'hydrogène ou de l'hydrogène carboné. Je ne poursuivis pas la recherche et je la confiai au Dr Desgrez qui était attaché à mon laboratoire. Il reconnut que le gaz en question était de l'oxyde de carbone et que la levure n'intervenait en rien dans la réaction, que ce dégagement se produit pourvu que du chloroforme soit en présence d'eau et de potasse. »

---

[1] Dans des conditions, on peut le dire, nettement défavorables : on sait, en effet, que le sang, hors des vaisseaux, perd rapidement une grande partie de son alcalinité.

ZOOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur les phases initiales de l'infection d'une Ophiure* (Amphiura squamata) *par un Orthonectide* (Rhopalura ophiocomæ). Note de MM. **M. Caullery** et **A. Lavallée**, présentée par M. Yves Delage.

Comme il arrive pour la plupart des parasites, les phases initiales du développement des Orthonectides, à l'intérieur de leurs hôtes, sont la partie la moins connue et la plus difficile à étudier de leur cycle évolutif : elle offre un intérêt spécial, à raison de la structure des Orthonectides, pendant leur phase parasitaire. Nous avons essayé, l'été dernier, à la station zoologique de Wimereux, de réaliser systématiquement des infections expérimentales d'*Amphiura squamata*, par l'Orthonectide qu'elle héberge (*Rhopalura ophiocomæ*, en vue d'élucider le mode de pénétration du parasite et les processus de transformation de ses larves en plasmodes. Quoique nous n'ayons pas encore pu résoudre ces problèmes d'une façon complète, nous croyons utile de donner ici un résumé des résultats obtenus.

Nous avons précédemment [1] retracé les diverses étapes du développement intra-maternel des œufs de *Rhopalura ophiocomæ*, jusquà la constitution de larves ciliées, qui sont émises au dehors, dans l'eau de mer, 18 à 24 heures après la fécondation. Nos expériences ont consisté à produire ces larves en grandes quantités dans de petits cristallisoirs et à y placer, pendant des temps variables, de jeunes *Amphiura*. Les durées des expériences ont été de 4, 8, 12, 18, 24, 36 heures, 2, 3, 4, ..., 10 jours. Les Ophiures étaient ensuite fixées et coupées. Nous en avons ainsi examiné environ 150.

Au cours de ces expériences, s'est présentée une simplification importante pour l'obtention des larves de l'Orthonectide. Nous avons constaté, en effet, qu'en plaçant dans un petit récipient, une centaine d'Ophiures récoltées à Wimereux, quelques-unes parmi celles-ci émettaient presque toujours, spontanément par les fentes génitales, de nombreux *Rhopalura* mâles et femelles, aptes à la fécondation. Chose curieuse, ces émissions se sont toujours produites à la fin de l'après-midi, vers 5^h. Il suffit alors de décanter proprement l'eau renfermant les Orthonectides ainsi émis, pour avoir une culture qui, le lendemain, fournira les larves destinées à l'infection des Ophiures.

1° *Pénétration des larves dans l'Ophiure.* — Un premier résultat se dégage de nos

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 40, et *Arch. Zool. exp.*, 4e série, t. VIII, p. 421.

expériences : l'infection des Ophiures a lieu par pénétration des larves de l'Orthonectide dans les fentes génitales. Dans les coupes d'assez nombreuses *Amphiura squamata*, ayant été en contact 4, 8 ou 12 heures avec les larves, nous avons trouvé de celles-ci, soit à l'entrée des fentes, soit surtout à l'intérieur et principalement dans le fond. Plusieurs Ophiures nous ont montré une quinzaine de larves et, dans deux cas, il y avait eu infection massive, par une centaine au moins. Ces deux derniers cas étaient relatifs à des Ophiures incubant des embryons et les larves de *Rhopalura* avaient pénétré jusqu'au fond des poches incubatrices. Cela indique la possibilité d'une infection des Ophiures avant leur éclosion. La pénétration de plusieurs larves dans le même hôte explique très bien la présence simultanée des deux sexes du parasite dans la même *Amphiura*. Cette contamination n'a pas eu lieu, à beaucoup près, dans tous les sujets mis en expérience, mais il n'y a pas lieu de s'en étonner, la réussite dépendant de conditions assez complexes et les Ophiures s'étant souvent soustraites à l'infection en sortant de l'eau.

2° *Formation des plasmodes aux dépens des larves.* — C'est le point où nos recherches laissent encore quelques lacunes. Nous avons cependant constaté, dans divers cas, l'accolement intime de la larve de *Rhopalura* à l'épithélium des fentes génitales ou des poches incubatrices et, dans deux cas, son incorporation nette dans l'épaisseur même de cet épithélium. Mais nous n'avons pas encore de données précises sur les changements qui s'opèrent dans les tissus mêmes de la larve.

Dans une Ophiure où avaient pénétré une quantité considérable de larves, l'épithélium des fentes génitales renfermait un grand nombre de petits plasmodes d'Orthonectides, offrant 1 à 4 noyaux qui s'individualisaient déjà en cellules, par adjonction de cytoplasme différencié. C'est là évidemment le premier stade succédant à la larve et c'est par la multiplication et la dissémination de ces plasmodes que l'infection s'étend.

Aux stades suivants, les plasmodes jeunes sont localisés principalement dans le péritoine, d'abord et surtout au voisinage immédiat des glandes génitales, et le développement de celles-ci est enrayé dès cet instant. Des cellules isolées ou de très petits plasmodes se répandent, par mouvements très vraisemblablement amœboïdes, dans divers endroits et jusque sur la paroi intestinale.

3° *Différenciation des plasmodes : cellules germes, embryons et noyaux plasmodiques.* — Les jeunes Ophiures provenant de nos expériences et que nous avons coupées (au nombre de 150 environ) nous ont fourni une série assez complète des stades de l'évolution des plasmodes. Ils seront décrits dans un Mémoire détaillé. Il est clair toutefois qu'une partie de ces plasmodes ne provenait pas de nos expériences mêmes, mais d'infections naturelles à peu près contemporaines et qu'il est impossible de discerner extérieurement, quand on constitue les lots d'expériences. Nous ne pouvons, à cause de cela, fixer la chronologie des divers stades.

Les états jeunes montrent de petites cellules individualisées et proliférant sous forme de morulas, au sein d'une substance fondamentale granuleuse qui va en se développant. Il est à noter qu'on ne trouve pas de karyokinèses de ces éléments. Des cellules se séparant une à une des morulas sont le point de départ de morulas nouvelles. A un certain moment, se différencient des embryons : dans les plasmodes mâles, aux dépens de cellules isolées détachées de morulas et qui ont fortement grossi; dans les plasmodes femelles, par transformation globale des morulas en embryons. Les cellules décrites

ci-dessus sont des cellules germes, au même sens que chez les Dicyémides et il en persiste toujours quelques-unes isolées dans les plasmodes âgés.

La substance fondamentale des plasmodes renferme en outre des formations chromatiques, décrites en même temps que les cellules germes par l'un de nous [1]. Nous nous sommes attachés à préciser l'origine, la structure et la destinée de ces noyaux plasmodiques. Nous les avons vus se former simultanément, en grand nombre, dans les stades jeunes de certains plasmodes, par un processus qui paraît une division multiple de noyaux de cellules germes. Il est ensuite assez difficile, en général, de les délimiter dans la substance fondamentale. Nous regardons comme très probable qu'ils ne se divisent plus, qu'ils ne peuvent pas reconstituer des cellules germes et que leur rôle est strictement limité à la vie végétative du plasmode. Par leur état assez imparfait, ils font même songer à un rapprochement avec ce que l'on appelle aujourd'hui des *chromidies*.

Tel est le résumé de nos constatations, que nous développerons dans un Mémoire, après avoir encore tenté quelques expériences complémentaires.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Tremblement de terre du* 24 *juin* 1910. Note de M. **Alfred Angot**.

On remarque, depuis 2 mois environ, une grande agitation sismique. En mai dernier, l'Observatoire du Parc Saint-Maur a enregistré 20 tremblements de terre plus ou moins éloignés et, pendant 14 jours distincts, on a ressenti, en France même, des mouvements directement perceptibles sans instruments.

En juin, parmi les nombreuses secousses enregistrées, deux ont présenté au Parc Saint-Maur une intensité exceptionnelle, à cause du peu de distance de leur foyer : ce sont celles du 16 juin (sud de l'Espagne) et du 24 juin (Algérie).

D'après un télégramme que m'a adressé M. Gonnessiat, on a ressenti à Alger, le 24 juin, deux violentes secousses à 13^h38^m et 13^h41^m; leur durée a été respectivement de 14 et 11 secondes et leur direction NE-SW; des dégâts sont signalés dans les régions d'Aumale et de Blida.

Au Parc Saint-Maur, les premières secousses préliminaires commencent à $13^h39^m22^s$ (temps moyen de Paris) pour la composante Nord et à $13^h39^m29^s$ pour la composante Est; la phase maximum se présente de

---

(1) Caullery et Mesnil, *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 516, et *Arch. Anat. microsc.*, t. IV, p. 390-470.

$13^h 44^m$ à $13^h 48^m$; les oscillations ont alors une période moyenne de 9 secondes; sur le tracé, la plus grande amplitude totale est de 68^{mm} pour la composante Nord et de 86^{mm} pour la composante Est; cette dernière valeur correspond à un déplacement réel du sol supérieur à $0^{mm},4$. Les oscillations diminuent ensuite, mais elles persistent jusque vers $15^h 20^m$.

Les mêmes mouvements ont été très bien enregistrés aussi à l'Observatoire de Besançon. Les sismogrammes, que M. Lebeuf a bien voulu me communiquer, seront, bien qu'obtenus avec un instrument moins puissant, très intéressants à comparer en détail avec ceux du Parc Saint-Maur. Le début des secousses a eu lieu à $13^h 39^m 10^s$ sur la composante Nord et à $13^h 39^m 7^s$ sur la composante Est.

Les tremblements de terre du 16 juin (Espagne) et du 24 juin (Algérie) ont leur foyer à peu près à la même distance de Paris; ils ont donné, à Saint-Maur, des sismogrammes dont l'apparence générale est très analogue et dont l'amplitude maximum est presque identique (88^{mm} le 16 et 86^{mm} le 24). Il est intéressant de rapprocher cette valeur de celle qu'on a observée le 26 mai, lors du tremblement de terre de la Suisse. Bien que la distance du foyer fût alors presque quatre fois moindre, l'amplitude totale du tracé à Saint-Maur n'a pas dépassé 1^{mm}; on a ainsi une première idée de l'intensité relative de ces mouvements.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Rapport *de la Commission chargée de proposer pour l'année* 1910 *la répartition des subventions du* Fonds Bonaparte.

(Cette Commission, qui comprend le prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Émile Picard, président de l'Académie; Darboux, Violle, Deslandres, Haller, Delage, Alfred Picard; Ph. van Tieghem, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie pour lui faire des propositions de subvention, à attribuer sur le fonds Bonaparte pour 1910, a eu à examiner trente-quatre demandes se rapportant aux sujets les plus divers. A son grand regret, elle n'a pu en retenir que onze. Encore était-il que le total

de ces onze demandes dépassait de beaucoup le chiffre de l'annuité disponible. Devant cette situation critique et pour éviter à plusieurs d'entre elles une réduction qui eût été préjudiciable aux intérêts de la Science, le prince Roland Bonaparte a eu la généreuse pensée d'ajouter, pour cette année, une somme de 5000fr à son annuité, qui se trouve ainsi portée à 30000fr. Votre rapporteur manquerait à un devoir et en même temps se priverait d'un grand plaisir s'il ne commençait par adresser à notre Confrère, au nom de l'Académie, un surcroît de remercîments pour ce surcroît de libéralité.

La Commission vous propose de répartir, comme il suit, cette somme de 30000fr entre les onze bénéficiaires.

1° 5000fr à M. **Hartmann**, lieutenant-colonel d'Artillerie en retraite, lauréat de l'Institut.

L'étude expérimentale du développement et de la répartition des forces élastiques dans les corps déformés par des efforts extérieurs, pour toutes les valeurs de ces efforts, offre le plus grand intérêt pour la Science. En particulier, un grand pas serait fait dans la connaissance des propriétés de la matière si l'on arrivait à trouver, dans le jeu même des déformations, la cause physique de la résistance croissante que les corps opposent aux actions exercées sur eux. La théorie de l'élasticité, de son côté, gagnerait à ne pas rester limitée aux premiers instants de l'application des forces extérieures et à être étendue à toutes les phases de la déformation.

C'est à l'étude expérimentale de cette importante question que M. Hartmann consacre depuis dix ans tous ses efforts. L'Académie a récompensé, en 1902, l'ensemble de ses premiers travaux, par le prix de Mécanique de la fondation Montyon. La subvention actuelle lui permettra de compléter ses premières recherches, qui n'ont été que qualitatives, par des expériences quantitatives. Exécutées suivant un programme détaillé, que les premiers essais ont permis de tracer avec une grande précision, ces nouvelles expériences comprendront l'étude successive : 1° des déformations permanentes sans plissements; 2° des forces intérieures; 3° de la période élastique et 4° des déformations permanentes accompagnées de plissements.

2° 5000fr à M. **Urbain**, professeur de Chimie minérale à la Faculté des Sciences de Paris.

Découvert par M. Winckler dans l'argyrodite de Freiberg en 1886, le germanium est, comme on sait, un élément extrêmement rare et très intéressant au point de vue chimique. Malheureusement le mince filon originel

a été vite épuisé, sans qu'on en ait retrouvé d'autres jusqu'à présent, de sorte que nos connaissances sur ce corps demeurent, depuis 24 ans, stationnaires et incomplètes.

M. Urbain a montré récemment que cet élément existe normalement dans un grand nombre de blendes. Il a traité, depuis six mois, jusqu'à 500^{kg} de blende germanifère et espère en obtenir plusieurs grammes de germanium, de manière à en pousser l'étude plus loin que n'a pu faire M. Winckler.

La subvention lui permettra de faire traiter industriellement, sur ses indications, plusieurs tonnes de minerai, de manière à obtenir, outre la quantité de germanium nécessaire à ses propres travaux, l'indium et le gallium qui y sont associés dans la blende et sur lesquels il dirigera les recherches de plusieurs de ses élèves.

3° 3000^{fr} à MM. **Bauer**, agrégé des Sciences physiques, et **Moulin**, chef de travaux pratiques à l'École municipale de Physique et de Chimie.

MM. Bauer et Moulin ont entrepris des recherches expérimentales dans le but de déterminer la constante de la loi de Stefan, dont la connaissance précise a, comme on sait, une grande importance à la fois pour l'Astronomie et pour la Physique. A cet effet, il leur faudra faire construire quelques appareils spéciaux, en particulier un petit four électrique en platine ou mieux en iridium. D'autre part, ils projettent de reprendre l'étude de la répartition de l'énergie dans le spectre, pour vérifier certaines formules théoriques importantes qui relient le rayonnement aux théories moléculaires et ces recherches nécessiteront la construction d'un radiomètre d'un type nouveau. La subvention leur permettra de poursuivre leurs recherches dans ces deux directions.

4° 2500^{fr} à M. **Blaringhem**, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Biologie agricole à la Faculté des Sciences de Paris.

A l'aide des subventions qui lui ont été allouées sur le fonds Bonaparte en 1908 et 1909, M. Blaringhem a pu installer et poursuivre ses intéressantes recherches sur les variations héréditaires des races d'Orges, de Maïs, de Pavots, de Nigelles et de Capselles, obtenues brusquement par voie de mutation. La nouvelle subvention sera employée à continuer les premières cultures; à en entreprendre de nouvelles ayant pour objet la Courge, le Lin, le Tabac, etc.; à préparer une collection complète de plantes étudiées depuis quatre années, en vue du *Congrès de Génétique* qui doit se réunir à Paris en septembre 1911; enfin, à l'achat d'un microscope puissant et por-

tatif permettant de faire sur place, en pleine campagne, les observations délicates que nécessite ce genre d'études.

5° 2500fr à M. **Nicolardot**, docteur ès sciences, capitaine d'artillerie, chef du laboratoire de la Section technique de l'Artillerie, à Paris, pour lui permettre de poursuivre les études qu'il a commencées sur le columbium et le tantale. Les minéraux qui renferment ces deux éléments sont, comme on sait, très chers (de 80fr à 140fr le kilogramme), et pour les attaquer il est nécessaire d'employer l'acide fluorhydrique et de se servir d'appareils en platine. Les réactifs et les instruments sont aussi fort coûteux.

6° 2000fr à M. **Jules Baillaud**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour l'aider à achever ses recherches sur l'absorption atmosphérique commencées en 1909 au sommet du Pic du Midi de Bigorre.

La subvention lui permettra de faire construire un photomètre spécial, dont le plan a été décrit dans les Annexes aux procès-verbaux du Congrès de la Carte du Ciel de 1909.

7° 2000fr à M. **Chevalier**, docteur ès sciences, lauréat de l'Institut, attaché au Muséum d'Histoire naturelle, explorateur bien connu de l'Afrique tropicale, qui poursuit méthodiquement, depuis dix ans, l'étude de la végétation de nos colonies dans cette région. Commencé en novembre 1908, continué en 1909, grâce à une première allocation sur le fonds Bonaparte, son voyage actuel pourra, à la faveur de la nouvelle subvention, devenir aussi utile à la Science que les précédents.

8° 2000fr à M. **Eberhardt**, docteur ès sciences, inspecteur de l'Agriculture en Indo-Chine. Résidant depuis cinq ans en Indo-Chine, il s'est appliqué à la recherche et à l'étude des végétaux économiques de notre grande colonie, sur lesquels il a publié déjà bon nombre de Notes et de Mémoires d'un grand intérêt. Fixé à Hué depuis deux ans, il y a installé un laboratoire qui prend de jour en jour plus de développement et qui est appelé à rendre de grands services à la Science et au pays. La subvention lui permettra, d'une part de poursuivre et d'étendre ses travaux d'exploration, de l'autre de compléter l'installation de son laboratoire.

9° 2000fr à M. **Gaillot**, Correspondant de l'Académie des Sciences, astronome honoraire de l'Observatoire de Paris, pour lui permettre de faire exécuter les calculs nécessaires à la revision, qu'il a entreprise, des Tables

de Jupiter dressées par Le Verrier. On sait qu'il a déjà fait le même travail pour les Tables de Saturne, d'Uranus et de Neptune et qu'il y a obtenu, pour ces planètes, une concordance très satisfaisante entre la théorie et les observations. Il espère arriver au même résultat pour Jupiter et plus tard pour les planètes intérieures.

10° 2000fr à M. **Nordmann**, docteur ès sciences, astronome-adjoint a l'Observatoire de Paris, pour lui permettre de faire construire, sous sa forme définitive et tel qu'il l'a décrit dans plusieurs Notes publiées aux *Comptes rendus*, son photomètre stellaire hétérochrome, instrument qui lu a fourni déjà des résultats intéressants dans le domaine de la pyrométrie stellaire.

11° 2000fr à M. **Quidor**, docteur ès sciences, instituteur à Paris, pour lui permettre de publier un Mémoire étendu sur la morphologie externe des Copépodes parasites, recueillis à Roscoff de 1903 à 1909, accompagné de planches stéréoscopiques reproduisant, par la phototypie et pour chaque animal, les clichés obtenus par le microscope Quidor-Nachet.

La liste suivante résume ces onze subventions :

		fr.
1.	M. Hartmann	5000
2.	M. Urbain	5000
3.	MM. Bauer et Moulin	3000
4.	M. Blaringhem	2500
5.	M. Nicolardot	2500
6.	M. J. Baillaud	2000
7.	M. Chevalier	2000
8.	M. Eberhardt	2000
9.	M. Gaillot	2000
10.	M. Nordmann	2000
11.	M. Quidor	2000
	Total	30000

montant de l'annuité accrue, mise à la disposition de l'Académie pour 1910 par la généreuse initiative de notre Confrère.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 13 juin 1910.

Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. *Statistique générale de la France. Annuaire statistique;* 28e Volume, 1908. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-8°.

Sommation de suites terminées, par Haton de la Goupillière, Membre de l'Institut. (Extr. des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége*, 3e série, t. IX, 1909.) Bruxelles, Hayez, 1910; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Carte générale des gisements de coquillages comestibles des côtes de France: feuilles 18 et 19, dressées par M. Joubin : ces deux feuilles comprennent toute la baie du Mont-Saint-Michel, depuis la pointe du Grouin jusqu'à la latitude de Coutances. Les îles Chausey y sont contenues. Paris, Erhard frères; 2 feuilles in-plano. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Revue de Géographie, publiée sous la direction de M. Ch. Vélain; t. III, année 1909. Paris, Ch. Delagrave; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Le Botaniste, Directeur : M. P.-A. Dangeard; 11e série, mai 1910. Paris, J.-B. Baillière; Londres, Dulau et Cie; Berlin, Friedlander et fils; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Guignard.)

Notions fondamentales de Chimie organique, par Ch. Moureu; 3e édition, revue et mise au courant des derniers travaux. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

Comité international de la Carte du Monde. *Resolutions and Proceedings of the International Map Committee assembled in London*, november 1909, with diagrams, plate and tables. Londres, Harrisson et fils, 1910; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Die neuen chemischen Institute der königlichen technischen Hochschule zu München. Munich, C. Wolf et fils, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de la « K. technische Hochschule zu München ».)

Comptes rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente de l'Association internationale de Sismologie, réunie à Zermatt du 30 août au 2 septembre 1909, rédigés par le Secrétaire général R. de Kövesligethy. Budapest, Victor Hornyansky, 1910; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 20 juin 1910.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Caisse des Recherches scientifiques;* année 1909 : *Rapport annuel*, par M. Paul Dislère. Melun, Imprimerie administrative, 1910; 1 vol. in-8°.

Savants du jour : Émile Picard, biographie, bibliographie analytique des écrits,

par Ernest Lebon. Paris, Gauthier-Villars, juin 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Icones mycologicæ, par Boudier; 6e série, livraison 29. Paris, Paul Klincksieck, 1910; 1 fasc. in-4°.

Recherches sur l'ionisation produite par les rayons α, par M. Marcel Moulin. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bouty.)

La Géographie physique du Berry d'après M. Antoine Vacher, par Emm. de Margerie. (Extr. des *Annales de Géographie*, t. XVIII, 1909.) Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-8°.

La structure du Jura, par Emm. de Margerie. (Extr. des *Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles*, 92e session. Lausanne, 1909; t. I.) Bâle, Émile Birkhæuser, 1909; 1 fasc. in-8°.

Théorie physicochimique de la vie et générations spontanées, par Stéphane Leduc. Paris, A. Poinat, 1910; 1 vol. in-8°.

The thrust-masses in the Western District of the Dolomites, by Maria-M. Ogilvie Gordon. (*Transactions of the Edimburgh Geological Society*; t. IX, special part.) Edimbourg, Turnbulland Spears, 1910; 1 vol. in-8°.

The Institution of Mechanical Engineers : Proceedings, 1909; parts 3-4. *List of Members*, 1st march 1910 : *Articles and by-laws*. Londres; 2 vol. in-8°.

The rat problem, the practical solution, by Wm. Rodier. Sydney, 1910; 1 fasc. in-4°.

Oyster culture in Louisiana, by Wm. H. Gates. (*Gulf Biological Station*; Bul. n° 15.) Baton-Rouge, 1910; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 30 mai 1910.)

Note de M. *E. Bouty*, Cohésion diélectrique du néon et de ses mélanges. Analyse quantitative fondée sur la mesure de la cohésion diélectrique :

Page 1383, ligne 11, *au lieu de* la mesure du gaz mêlé au néon, *lisez* la nature du gaz mêlé au néon.

FIN DU TOME CENT-CINQUANTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1910.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 150

A

Pages.

ACADÉMIE. — État de l'Académie des Sciences au 1er janvier 1910..... 5

— M. *Ch. Bouchard*, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1909..... 13

— Discours prononcé, en prenant place au fauteuil de la Présidence, par M. *Emile Picard*..... 16

— M. le Ministre de l'Instruction publique adresse ampliation d'un Décret approuvant l'élection de *Lord Rayleigh* comme Associé étranger... 295

— M. le Ministre de l'Instruction publique adresse ampliation du Décret approuvant l'élection de M *Hittorf* comme Associé étranger..... 823

— M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que le Tome CXLVIII des *Comptes rendus* (1er semestre 1909) est en distribution au Secrétariat..... 1087

— M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que le Tome LI des *Mémoires de l'Académie des Sciences* est en distribution au Secrétariat.. 1087

— M. le Président annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 16 mai est renvoyée au mardi 17..... 1155

— Le *Recteur* et le *Sénat de l'Université de Leipzig* adressent à l'Académie une description des Instituts et Séminaires de la Faculté de Philosophie..... 301

— S. A. S. le Prince *Albert de Monaco* fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de la médaille frappée à l'occasion de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco. 1403

— M. le Ministre de l'Instruction publique adresse ampliation du Décret autorisant l'Académie à accepter le legs fait à son profit par M. *Claude-Léon Demolombe*..... 447

— M. le Président donne lecture d'une dépêche du Président de l'Académie royale des Beaux-Arts de Florence, témoignant sa sympathie pour la France à la suite des inondations... 953

— M. le Président donne lecture d'une

23297

Pages.

dépêche de M. *Blaserna*, Président de l'Académie royale des Lincei, transmettant ses profondes condoléléances pour le fléau qui a désolé une grande partie de la France..... 363

— M. *G. Darboux* donne lecture d'une lettre de la Société royale de Londres relative à une souscription pour les victimes des inondations en France. 571

— M. le Président remercie, au nom de l'Académie, ses Associés et Correspondants anglais de leur générosité. 572

— M. le Ministre des Affaires étrangères transmet le désir exprimé par l'Ambassadeur d'Angleterre de voir l'Institut de France se faire représenter au service funèbre célébré à la mémoire de S. M. le Roi Édouard VII..... 1221

— M. *Armand Gautier* est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie..... 1221

Voir *Association internationale des Académies, Bureau des Longitudes, Caisse des recherches scientifiques, Candidatures, Commissions, Congrès, Décès, École polytechnique, Élections, Exploration, Fonds Bonaparte, Mont Rose, Navigation, Muséum d'Histoire naturelle, Océanographie, Solennités scientifiques.*

Acides. — Transformation de quelques alcools aromatiques en acides phosphineux par l'acide hypophosphoreux; par M. *R. Fosse*..... 178

— Action de l'acide hypoiodeux naissant sur les acides non saturés. Acide α-cyclogéranique; par M. *J. Bougault*..... 397

— Sur l'acide α-cyclogéranique; par M. *J. Bougault*..... 534

— Synthèses effectuées avec le cyanure de benzyle; par MM. *F. Bodroux* et *F. Taboury*..... 531

— Catalyse des acides aromatiques; par M. *J.-B. Senderens*..... 702

— Action du trichlorure de phosphore sur le gaïacol; par M. *Pierre Dupuis*. 622

— Sur l'hydrogénation partielle des acides de la série stéarolique et sur l'isomérie de leurs dérivés monoiodhydriques; par MM. *A. Arnaud* et *S. Posternak*..... 1130

— Sur deux nouveaux isomères de l'acide stéarolique; par MM. *A. Arnaud* et *S. Posternak*..... 1245

— Sur l'isomération de l'acide oléique par déplacement de la double liaison; par MM. *A. Arnaud* et *S. Posternak*. 1525

— Sur l'acide hexahydrophénylglycolique; par MM. *Marcel Godchot* et *Jules Frezouls*..... 1248

Voir *Aldéhydes, Cétones, Chimie analytique, Chimie végétale, Éthers, Fermentation, Photochimie.*

Aciers. — Sur la cémentation des aciers au silicium; par M. *L. Grenet*..... 921

Voir *Chimie inorganique* (*C*).

Acoustique. — Sur un nouvel inscripteur du son; par *Th. Rosset*..... 1511

— Inscription photographique des vibrations d'un diapason; par MM. *Gabriel Sizes* et *G. Massol*..... 1746

Voir *Élasticité, Phonographe, Voix.*

Acoustique physiologique. — Contribution à l'étude de l'audition et de son développement par les vibrations de la sirène à voyelles; par M. *Rangard*..... 724

Aérodynamique. — Sur l'autorotation; par M. *A. Etévé*..... 324

— Sur la résistance de l'air; par M. *Carlo Bourlet*..... 382

Voir *Aéroplane, Résistance de l'air.*

Aéronautique. — Sur la façon de parcourir en aéronef un itinéraire rectiligne avec une dépense minima de travail total; par M. *Paul Renard*.. 1666

Aéroplane. — M. *Carpentier* présente un *stabilisateur automatique* pour aéroplane..... 829

— L'équilibre longitudinal et la courbure des surfaces portantes des aéroplanes; par M. *René Arnoux*... 854

— La poussée sur la surface portante des aéroplanes; par M. *Rodolphe Soreau*..... 1595

Voir *Aérodynamique, Insectes.*

Agronomie. — Un effet du drainage; par M. *Biéler-Chatelan*..... 884

— La lutte pour l'eau entre les organismes vivants et les milieux naturels; par M. *A. Müntz*..... 1390

Air. — Ouverture d'un pli cacheté renfermant une Note intitulée « Procédé de régénération de l'air vicié », par M. *George-J. Jaubert*..... 1574

Voir *Résistance de l'air, Bactériologie,*

Pages.

Respiration, Microbiologie, Chimie agricole, Comètes, Frottement, Houille.

ALBUMINOÏDES. — L'analyse des matières protoplasmiques; par MM. *A. Etard* et *A. Villa* 1709

ALCALOÏDES. — Alcaloïde du *Pseudocinchona africana*. Saponification par les alcalis; par M. *E. Fourneau*. 976

Voir *Chimie physiologique, Chimie végétale, Cultures.*

ALCOOLS. — —Sur le méthylacétényl-carbinol; par M. *Lespieau* 113

— Condensation de l'alcool butylique secondaire avec son dérivé sodé; par M. *Marcel Guerbet* 183

— Sur la constitution des alcools résultant de la condensation des alcools secondaires avec leurs dérivés sodés; par M. *Marcel Guerbet* 979

— Sur les isoméries de quelques γ-glycols acétyléniques; par M. *G. Dupont* ... 1121

— Action des agents déshydratants sur quelques α-glycols; par M. *M. Tiffeneau* 1181

— Méthode générale de préparation directe des thiols par catalyse à partir des alcools; par MM. *Paul Sabatier* et *A. Mailhe* 1217

— Sur le déhydrodicarvacrol; par MM. *H. Cousin* et *H. Hérissey* 1333

— Sur une nouvelle synthèse de l'érythrite naturelle et de l'érythrite racémique; par M. *H. Pariselle* ... 1343

— Sur le passage de quelques alcools hydroaromatiques aux phénols correspondants; par M. *Léon Brunel* ... 1528

— Oxydation des γ-glycols acétyléniques. Synthèse d'acides-alcools α; par M. *Georges Dupont* 1523

— Sur un nouveau menthol tertiaire; passage du pinène au menthène; par M. *A. Béhal* 1762

Voir *Acides, Aldéhydes, Catalyse, Cétones, Chimie analytique, Éthers, Fermentations, Thiols.*

ALDÉHYDES. — De la production de petites quantités d'aldéhyde formique dans l'oxydation de l'alcool éthylique par voie chimique, physique ou biologique; par M. *E. Voisenet* .. 40

— Sur la désinfection par la combustion incomplète de la paille; par M. *A. Trillat* 339

— Action de la chaleur rouge sur la formaldéhyde; par M. *Armand Gautier* 1725

— Sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique et l'acide correspondant; par M. *Marcel Delépine* 394

— *Errata* relatifs à cette Communication 894

— Sur la constitution de l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique; par M. *Marcel Delépine* 535

— Sur l'aldéhyde α-bromocrotonique; par M. *P.-L. Viguier* 1431

— Sur la stabilité des β-cétoaldéhydes; par M. *F. Couturier* 705

Voir *Chimie analytique, Électrochimie, Vin.*

ALIMENTS. — Sur un nouveau composé contenu dans les produits alimentaires; par M. *A. Backe* 540

Voir *Biologie végétale, Botanique, Chimie analytique, Cultures, Lait, Océanographie, Pain, Physiologie, Pathologie, Vin.*

ALLIAGES. — Sur les propriétés électriques des alliages aluminium-argent; par M. *Witold Broniewski* .. 1754

Voir *Aciers, Force électromotrice.*

ALTITUDE. — Voir *Cœur.*

AMIDON. — Sur la coagulation de la matière amylacée par congélation; par M. *G. Malfitano* et Mlle *A. Moschkoff* 710

AMINES. — Action de l'acide sulfurique concentré sur quelques nitramines aromatiques; par M. *Frédéric Reverdin* 399

— Chloroplatinates et periodures de di- et de triméthylamine; critique de leur emploi pour la séparation de ces bases; par M. *J. Bertheaume* 1063

— Condensation des amines secondaires avec l'éther γ-bromodiméthylacétique; par MM. *H. Gault* et *G. Thirode*. 1123

— Sur une nouvelle méthode de dosage des trois méthylamines et de l'ammoniaque mélangées; par M. *J. Bertheaume* 1251

AMPHIBIENS. — Sur la structure des protubérances épidermiques de certains Amphibiens urodèles et sur leurs affinités morphologiques avec les poils; par M. *Louis Roule* 121

ANAPHYLAXIE. — Propriétés du sérum des lapins séro-anaphylactisés; par

Pages.

M. *A. Briot*..... 638
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 822
Voir *Médecine*.
Analyse mathématique. — Sur une application des transformations birationnelles; par *M. Ouivet*..... 1036
— Sur la convergence des relations de récurrence; par M. *S. Lattès*..... 1106
— Sur les propriétés des lignes cantoriennes; par M. *L. Zoretti*..... 1505
— M. *Haton de la Goupillière* fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de son travail intitulé *Sommation de suites terminées*..... 1573
Voir *Ensembles, Équations différentielles, fonctionnelles, intégrales, Fonctions, Formes, Fractions continues, Groupes, Intégrale, Physique mathématique, Séries, Théorie des nombres*.

ANATOMIE.

— Sur la structure et la signification de la membrane qui enveloppe la sphère vitelline de l'œuf des oiseaux; par M. *A. Lécaillon*..... 240
— Une fonction supplémentaire du pied dans la race jaune; par M. *Lannelongue*..... 503
— Station bipède et muscles fessiers; par M. *J. Chaine*..... 551
— M. *Lannelongue* rappelle une Communication de *J. Regnauld* sur le pied des Hindoux..... 589
— Les dimensions du cæcum et la typhlectasie; par M. *R. Robinson*..... 639
— Le ganglion d'Andersh chez le Phrynosome cornu; par M. *H.-E. Sauvage*..... 734
— La partie thoracique du grand sympathique chez les Sauriens; par M. *H.-E. Sauvage*..... 799
— La partie abdominale du grand symphatique chez les Sauriens; par M. *E. Sauvage*..... 1077
— Courbure lombaire et promontoire; par M. *J. Chaine*..... 1449
Voir *Cœur, Cytologie, Histologie, Muscles*.
Anatomie végétale. — Influence du terrain sur les variations de l'appareil sécréteur des Clusiacés; par M. *H.-Jacob de Cordemoy*..... 1535
— Sur la structure des branches courtes et âgées de quelques arbres; par M. *Jean Daniel*..... 1611

Anthropologie. — L'encéphale de l'homme fossile de La Chapelle-aux-Saints; par MM. *Marcellin Boule* et *R. Anthony*..... 1458
— Les grottes peintes du Soudan français; par M. *Fr. de Zeltner*..... 1461
— Découverte d'une grotte sépulcrale, probablement néolithique, à Montouliers (Hérault); par MM. *Lucien Mayet* et *Laurent Maurette*..... 1620
Voir *Anatomie*.
Arc. — Sur l'arc au mercure dans le vide; par M. *Perot*..... 1515
— Sur quelques particularités de l'arc au mercure dans le vide; par M. *A. Perot*..... 1684
Voir *Spectroscopie, Ultraviolet*.
Archéologie. — Sur la présence de résidus tartriques du vin dans un vase antique; par M. *Georges Denigès*... 1330
Arsonvalisation (d'). — Voir *Circulation*.
Association internationale des Académies. — M. le *Secrétaire perpétuel* signale une publication de l'Association internationale des Académies..... 301
— M. *P. Blaserna* annonce à l'Académie qu'en 1910 la réunion de l'Association internationale des Académies se tiendra à Rome, du 9 au 15 mai.. 668
— M. le Président de la *Reale Accademia dei Lincei* invite l'Académie à lui indiquer le nom de ses Membres délégués à l'Assemblée générale de l'*Association internationale des Académies*, à Rome, en mai 1910..... 896
— MM. *Emile Picard, B. Baillaud*, et *G. Darboux* sont désignés pour représenter l'Académie..... 896
— M. le Président rend compte de la dernière session de la Réunion internationale des Académies..... 1279

ASTRONOMIE.

Pages.

Voir *Comètes, Étoiles, Lune, Observatoires, Planètes, Soleil, Spectroscopie, Trigonométrie.*

Aurore boréale. — L'aurore boréale. Lois et théories héliodynamiques; par M. *de Kérillis* 1296
— Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude; par M. *Carl Störmer* .. 1631

B

BACTÉRIOLOGIE.

— Sur la symbiose du bacille butyrique en culture avec d'autres microbes anaérobies; par M. *G. Seliber* 1545
— Sur l'accoutumance des bactéries aux antiseptiques; par M. *Louis Masson.* 189
— Les bases expérimentales de la vaccination antityphique; par M. *H. Vincent.* 355
— Fièvre typhoïde expérimentale; par M. *Metchnikoff* 755
— Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique; par MM. *J. Bridré* et *L. Nègre* 998
— Sur la présence des germes virulents dans l'atmosphère des salles d'hôpital; par MM. *E. Lesné, R. Debré* et *G. Simon* 1001
— Sur le traitement curatif du charbon par la pyocyanase; par M. *L. Fortineau.* 1454
Voir *Médecine, Microbiologie, Pathologie, Syphilis, Tuberculose, Vaccin, Vigne, Vin.*

Balance. — M. *J. Carpentier* présente une petite balance de précision, combinée et construite par M. *Collot* 74
— Frein pour balance en forme de fil à plomb; par M. *G. Lippmann* 1563
Balance de torsion. — Sur une erreur systématique qui limite la précision de l'expérience de Cavendish. Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation; par M. *V. Crémieu* 863
Batraciens. — Action physiologique du mucus des Batraciens sur les animaux eux-mêmes et sur les serpents; cette action est la même que celle du venin de la vipère; par Mme *Phisalix* 415
Voir *Cytologie, Immunité.*

BIOLOGIE.

— Analyse biologique du phénomène de la génération chez *Lineus ruber* (Müll.) et *Lineus lacteus* (Rathke); par M. *Mieczyslaw Oxner* 1618
Biologie végétale. — Etude sur la biologie de la truffe mélanospore (*Tuber melanosporum* Witt); par M. *G. Boyer* 1253
Voir *Agronomie, Botanique, Mutations, Parasites, Parthénogenèse, Psychologie animale, Ultraviolet, Variations.*

BOTANIQUE.

— Sur le mode de formation de la gomme adragante; par M. *L. Lutz* 1184
— Sur les mycorhizes endotrophes de quelques arbres fruitiers; par M. *Vital Boulet* 1190
— Sur les *Strychnos* de l'Asie orientale; par M. *Paul Dop* 1256
— La truffe peut-elle se replanter? par M. *Lecoq de Boisbaudran* 1402
— Classification nouvelle du groupe des Inovulées; par M. *Ph. van Tieghem* 1715
Voir *Agronomie, Anatomie végétale, Biologie végétale, Champignons, Chimie végétale, Congrès, Cultures, Cytologie, Flore tropicale, Graines, Greffe, Histoire des Sciences, Mutations, Paléontologie, Pathologie, Variations, Physiologie, Phytécologie, Racines.*

Bulletin bibliographique. — 191, 250, 293, 428, 570, 646, 820, 949, 1004, 1084, 1153, 1206, 1377, 1468, 1714, 1789. .....
Bureau des Longitudes. — M. le Mi-

Pages.

nistre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre artiste, vacant au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Gautier*..... 668, 822

— Liste de candidats présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de Membre artiste du Bureau des Longitudes vacante par le décès de M. *Gautier* : 1° M. *J. Carpentier*; 2° M. *A. Jobin*..... 1024

— M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre du Bureau des Longitudes, vacant par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 764

— Liste de candidats présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour un poste de Membre titulaire, vacant dans la section d'Astronomie du Bureau des Longitudes par le décès de M. *Bouquet de la Grye* : 1° M. *Andoyer*; 2° M. *Hanusse*..... 1025

C

Caisse des recherches scientifiques. — M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui remplacera, dans la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, *M. Bornet*, démissionnaire..... 758

— M. *Prillieux* réunit l'unanimité des suffrages..... 758

Camphre. — Sur le camphre artificiel; par M. *E. Darmois*..... 925

Cancer. — Etude sur le cancer des Souris. L'hérédité de la sensibilité à la greffe cancéreuse; par MM. *L. Cuénot* et *L. Mercier*..... 1443

Voir *Rayons X*.

Candidatures. — MM. *F. Arago, le colonel Bourgeois, Ch. Lallemand, le lieutenant-colonel Monteil* prient l'Académie de les compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de *M. Bouquet de la Grye*..... 262

— MM. *Alfred Angot* et de *Fraysseix-Bonnin* prient l'Académie de les comprendre comme candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 369

Capillarité. — Mouvements d'un liquide dans un tube; par M. *Menneret*..... 964

Carbures d'hydrogène. — Sur la réduction des dérivés nitrosés de l'acétyl- et du benzoylhydrazobenzène; par M. *Louis Nomblot*..... 338

— Sur l'hydrogénation des composés acétyléniques; par M. *Lespieau*.... 1761

— Hydrogénation de l'essence de térébenthine; par M. *G. Vavon*..... 1127

— Sur une trinitro-*p*-anisidine; par M. *Fr. Reverdin*..... 1433

— Sur certains dérivés de la cholestérine; par MM. *L. Tchougaeff* et *W. Fomin*. 1435

Voir *Acides, Alcools, Cyclohexane, Électrochimie, Éthers, Mélanges doubles, Pouvoir rotatoire, Thermochimie*.

Catalyse. — Sur le mécanisme de déshydratation des alcools par catalyse au moyen de divers oxydes métalliques; par MM. *Paul Sabatier* et *A. Mailhe*. 823

Voir *Acides, Cétones, Engrais*.

Cétones. — Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium; par MM. *A. Haller* et *Ed. Bauer*..... 582

— Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédaire de l'amidure de sodium. Dédoublement des hexa-alcoylacétones; par MM. *Haller* et *Ed. Bauer*..... 661

— Préparation et propriétés des α-hydrindones-β-dialcoylées ou indanones-1-dialcoylées-2.2; par MM. *A. Haller* et *Ed. Bauer*..... 1472

— Action des dérivés organo-magnésiens sur les trialcoylacétophénones; par Mlle *Pauline Lucas*..... 1058

— Sur quelques trialcoylacétonaphtones et leur dédoublement par l'amidure

Pages.
de sodium; par M. *V. Volmar*..... 1174
— Action des bromures d'ortho- et de para-anisylmagnésium sur l'anthraquinone et la β-méthylanthraquinone; par MM. *A. Haller* et *A. Comtesse*..... 1290
— Préparation catalytique des cétones aromatiques; par M. *J.-B. Senderens*..... 111
— Cétones dérivées de l'acide benzoïque et de l'acide phénylacétique; par M. *J.-B. Senderens*..... 1336
— Sur une nouvelle méthode de synthèse des cétones non saturées; par M. *G. Darzens*..... 707
— Condensation de la pinacoline avec les éthers-sels; par M. *F. Couturier*.. 928
— Action de l'oxyde d'argent sur l'élatérine; par M. *A. Berg*..... 981
Voir *Aldéhydes*.
CHALEUR. — Voir *Conductibilité, Évaporation, Métallisation, Vapeur*.
CHAMPIGNONS. — Matériaux pour une classification rationnelle des *Fungi imperfecti*; par M. *P. Vuillemin*.... 882
— Sur la végétation de quelques moisissures dans l'huile; par M. *Henri Coupin*..... 1192
— Sur le virage du pigment de deux champignons; par M. *G. Seliber*.... 1707
— Sur quelques Plasmodiophoracées; par MM. *René Maire* et *Adrien Tison*..... 1768
— Sur un nouveau groupe de champignons pathogènes agents des Sporotrichoses; par M. *Louis Matruchot*. 543
— L'Ambrosia du *Tomicus dispar*; par M. *J. Beauverie*..... 1071
Voir *Spores*.

CHIMIE AGRICOLE.

— L'entraînement du limon des terres par les eaux de la Seine; par M. *A. Müntz*..... 257
— Dosage de la potasse assimilable dans les sols; par M. *Bièler-Chatelan*..... 716
— Rôle des micas dans la terre arable; par M. *Bièler-Chatelan*..... 1132
Voir *Agronomie, Engrais*.

CHIMIE ANALYTIQUE.

Pages.
— Nouvelle méthode permettant de déceler des traces d'alcools, par M. *E. de Stœcklin*..... 43
— Recherche de traces de méthanal en présence d'éthanal par la fuchsine bisulfatée; par M. *G. Denigès*..... 529
— Recherche de l'alcool méthylique en général et spécialement en présence de l'alcool éthylique; par M. *G. Denigès*..... 832
— Nouvelle méthode de dosage de l'acide tartrique droit; par M. *André Kling*..... 616
— Sur le dosage de l'acide tartrique dans les matières premières naturelles; par M. *C. Beys*..... 1250
— Etude des échappées du beurre de coco. Composition de l'essence de coco; par M. *A. Haller* et *A. Lassieur*..... 1013
— Sur l'essence de criste-marine; par M. *Marcel Delépine*..... 1061
— Détermination de la provenance d'un naphte ou de ses dérivés; par M. *N. Chercheffsky*..... 1338
Voir *Amines, Chimie agricole, Diélectriques, Hydrologie, Mélanges doubles, Vin*.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

— Détermination des acides volatils dans les produits de fermentation de quelques microbes, d'après la méthode de Duclaux; par M. *G. Seliber*. 1267
— Sur la variabilité du pouvoir protéolytique de la bactéridie charbonneuse; par M. *Jean Bielecki*..... 1548
— Action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur les anhydrides et oxydes; par M. *Pierre Camboulives*. 175
Voir *Agronomie, Aldéhydes, Diastases, Fermentation, Foie*.

CHIMIE INORGANIQUE.

— Action des vapeurs du tétrachlorure de carbone sur quelques minéraux; par M. *Pierre Camboulives*..... 221

Pages.

— De l'action réductrice des formiates alcalins sur certains composés minéraux; par M. *Vournasos*..... 922
— Action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone; formation d'eau et de méthane. Action de l'eau, au rouge, sur ce même oxyde. Applications aux phénomènes volcaniques; par M. *Armand Gautier*..... 1564
— Ag. Sur les difficultés de la bibliographie chimique; par M. *A. Colson*..... 169
Voir *S, Alliages, Cétones, Électrochimie.*
— Al. Action de la chaleur sur l'aluminium dans le vide; par M. *E. Kohn-Abrest*..... 169
— Sur l'alumine provenant de l'oxydation à l'air de l'almagame d'aluminium; par M. *P.-Roger Jourdain*. 391
— Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air; par M. *E. Kohn-Abrest*..... 918
— Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air; par M. *J.-O. Serpek*..... 1520
— Sur les azotures extraits de l'aluminium chauffé à l'air; par M. *E. Kohn-Abrest*..... 1757
— Sur l'oxydation de l'amalgame d'aluminium; par M. *P.-Roger Jourdain*. 1602
Voir *Alliages.*
— Ar. Voir *Diélectriques.*
— Au. Voir *Minéralogie.*
— As. Sur une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique pur; par M. *Lecoq*..... 700
Voir *Électrochimie, Organométalliques, Toxiques, Vignes.*
— B. Voir *Électrochimie, Engrais, Vin.*
— Ba. Voir *Physiologie végétale.*
— Br. Voir *Hg, Thermochimie.*
— C. Sous-azoture de carbone C^4N^2; par MM. *Ch. Moureu* et *J.-Ch. Bongrand*..... 225
— Quelques remarques, au point de vue géologique et chimique, relatives à l'action que la chaleur exerce sur l'oxyde de carbone; par M. *Armand Gautier*..... 1383
Voir *Fe, Aciers, Chimie physique, Houille.*
— Ca. Voir *Chimie physiologique.*
— Cl. Voir *Amines, Zn.*
— Co. Voir *Force électromotrice.*

Pages.

— Cr. Voir *Colloïdes.*
— Cs. Voir *Thermochimie.*
— Cu. Voir *Vigne.*
— F. Voir *Hydrolyse.*
— Fe. Sur la cémentation du fer par le carbone solide; par MM. *G. Charpy* et *S. Bonnerot*..... 173
Voir *Aciers.*
— H. Sur la réaction de l'hydrogène naissant à l'état sec; par M. *A.-C. Vournasos*..... 464
Voir *Chimie physique, Eau.*
— Hg. Sur les dérivés bromés du dimercurammonium; par M. *H. Gaudechon*..... 467
— I. Voir *Acides, Amines.*
— K. Voir *Chimie agricole, Insectes, Radioactivité.*
— Mg. Voir *Organométalliques.*
— Mn. Sur les mangani-manganates alcalins; par M. *V. Auger*..... 470
— N. Voir *Al, C, Hg, Amines, Chimie physique, Chimie végétale, Lait, Photochimie.*
— Ne. Voir *Diélectriques.*
— Ni. Sur deux nouveaux phosphures de nickel; par M. *Pierre Jolibois*.... 106
— O. Action de l'ozone sur l'oxyde de carbone; par M. *P. Clausmann*..... 1332
Voir *Zn, Combustion, Éthers, Phosphorescence, Photochimie, Stérilisation.*
— P. Sur un nouveau chlorure de phosphore; par MM. *A. Besson* et *L. Fournier*..... 102
Voir *Ni, Acides, Cryoscopie, Diastases, Minéralogie.*
— Pb. Voir *Vigne.*
— Pt. Sur la dissolution du platine par l'acide sulfurique et sur les produits de cette réaction; par M. *Marcel Delépine*..... 104
Voir *Amines.*
— S. Séparation et purification des dithionates produits dans la décomposition du sulfite d'argent ou de ses sels doubles; par M. *H. Baubigny*..... 466
— Sur la constitution des dithionates et des sulfites; par M. *H. Baubigny*. 973
— Sur la solubilité du sulfate d'argent dans les sulfates alcalins; par M. *Barre*..... 1321
Voir *Pt, Colloïdes, Électrochimie, Lait, Phosphorescence.*

Pages.

— Sb. Voir *Organométalliques*.
— Si. Voir *Aciers, Pouvoir rotatoire*.
— Th. Sur quelques sulfates doubles de thorium; par M. *Barre* 1599
— Ur. Voir *Phosphorescence*.
— Zn. Sur les oxychlorures de zinc; par M. *Driot* 1426
— W. Voir *Pouvoir rotatoire*.
Voir *Catalyse, Combustion, Électrochimie, Géologie, Hydrologie, Ions, Métaux rares, Radioactivité, Stérilisation, Terres rares*.

CHIMIE ORGANIQUE.

Voir *Acides, Albuminoïdes, Alcaloïdes, Alcools, Aldéhydes, Aliments, Amidon, Amines, Camphre, Carbures d'hydrogène, Catalyse, Cétones, Chimie analytique, Chimie biologique, Chimie physiologique, Chimie végétale, Chloroforme, Diastases, Électrochimie, Éthers, Fermentations, Gélatine, Hydrolyse, Magnétisme, Nitriles, Odeur, Organométalliques, Photochimie, Sang, Spectroscopie, Sucres, Thermochimie, Thiols, Ultraviolet, Vin*.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

— Formation, dans le foie, d'une substance anticoagulante sous l'influence d'un alcaloïde; par M. *Doyon*. 348
— Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe; par MM. *H. Stassano* et *A. Daumas* 937
— Influence des glandes génitales sur la glycogénie; par M. *F. Maignon* .. 721
— Influence de la saignée sur la résistance des animaux à l'urohypotensine; par MM. *J.-E. Abélous* et *E. Bardier* 1439
— Propriétés neutralisantes d'une substance isolée du cerveau normal; par M. *A. Marie* 1775
Voir *Chloroforme*.

CHIMIE PHYSIQUE.

Pages.

— Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression; par MM. *E. Briner* et *A. Wroczynski*. 1324
— *Errata* relatifs à cette Communication 1714
Voir *Aciers. Chimie inorganique* (*S, Th*), *Cristallisation, Cryoscopie, Colloïdes, Gélatine, Magnétisme, Mélanges doubles, Phosphorescence, Photoélectricité, Radioactivité, Terres rares, Thermochimie*.

CHIMIE VÉGÉTALE.

— Sur la présence de la gentiopicrine dans la Chlore perfoliée (*Chlora perfoliata* L.); par MM. *Em. Bourquelot* et *M. Bridel* 114
— Sur le développement d'une plante bulbeuse. Variations du poids de la matière sèche; par M. *G. André* .. 545
— Sur le développement d'une plante bulbeuse; variation des poids de l'azote et des matières minérales; par M. *G. André* 713
— Sur les étholides des Conifères. Acides junipérique et sabinique; par M. *J. Bougault* 874
— Variation de la teneur en spartéine du genêt à balais suivant l'époque de la végétation; par M. *J. Chevalier*. 1068
— Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux; par M. *Raoul Combes* 1186
— Sur le dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique au cours de la disparition des pigments anthocyaniques chez les végétaux; par M. *Raoul Combes* 1532
— Sur la migration des alcaloïdes dans les greffes de Solanées sur Solanées; par M. *M. Javillier* 1360
Voir *Alcools, Chimie analytique, Sucres, Vin*.

CHIRURGIE.

Pages.

— Résection des veines affluentes de la crosse de la veine saphène interne; par M. *R. Robinson* 1352

CHLOROFORME. — Décomposition du chloroforme dans l'organisme; par M. *Maurice Nicloux* 1260

— Sur les produits de décomposition du chloroforme dans l'organisme; par M. *Maurice Nicloux* 1777

— Remarques au sujet d'une Note de M. *Nicloux* intitulée : « Sur les produits de décomposition du chloroforme dans l'organisme »; par M. *Bouchard* 1780

CHRONOMÉTRIE. — Comparaison de chronomètres ou de pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques; par MM. *Claude*, *Ferrié* et *Driencourt* 306

Voir *Télégraphie sans fil*.

CINÉMATIQUE. — Sur les courbes conjuguées dans le déplacement relatif le plus général de deux corps; par M. *G. Kœnigs* 22

Voir *Rapport*.

CIRCULATION. — Sur les douleurs névralgiques rebelles qu'on observe chez les hypertendus; par MM. *E. Doumer* et *G. Lemoine* 565

Voir *Sang*.

CŒUR. — Le poids relatif du cœur et l'effet des grandes altitudes. Etude comparative sur deux espèces de Lagopèdes habitant l'une les Hautes-Alpes, l'autre les plaines de la Laponie; par M. *J. Strohl* 1257

COLLOÏDES. — Sur la nature colloïdale des acides chromopolysulfuriques; par M. *Pablo Martinez Strong* 1172

Voir *Chimie inorganique* (*As*).

COLORANTS. — Textiles et matières colorantes insolubles; par M. *Léo Vignon* 472

— Pouvoir de diffusion de certaines matières colorantes artificielles; par M. *Léo Vignon* 619

— Phénomènes de transport électrique dans les solutions de certaines matières colorantes; par M. *Léo Vignon* 923

Voir *Indigo*, *Magnétisme*.

COMBUSTION. — Sur les lois de la combustion à marche convergente; par M. *Jean Meunier* 781

Voir *Dynamique des fluides*, *Ions*.

COMÈTES. — Sur la théorie de Fontenelle relative à la constitution des comètes; par M. *Wilfrid de Fonvielle* 849

— Influence des comètes sur l'atmosphère terrestre d'après la théorie cathodique; par M. *H. Deslandres* .. 1281

— Eléments de la comète Tempel 2; par M. *E. Maubant* 201

COMÈTE DE HALLEY. — Sur la comète de Halley; par M. *Giacobini* 955

— Sur les transformations de la comète de Halley; par M. *Ernest Esclangon* . 1095

— Deuxième série de recherches sur la comète de Halley et son spectre à l'Observatoire de Meudon; par M. *M.-A. Bernard* et *P. Idrac* 1161

— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture); par M. *Coggia* . 1165

— M. *Bigourdan* présente de la part de M. *Iñiguez*, des photographies de la comète de Halley 1212

— Observations de la comète de Halley; par M. *E. Esclangon* 1222

— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes; par M. *Borrelly* 1225

— M. *Baillaud* fait connaître les derniers renseignements reçus concernant des « Observations de la comète de Halley à l'Observatoire Lick et à Johannesburg » 1285

— M. *Bigourdan* communique une dépêche où M. *Eginitis* résume ses observations faites à Athènes, sur la comète de Halley 1285

— Sur le passage de la Terre dans la comète de Halley; par M. *Ch. André* 1295

— Observations de la comète de Halley faites à l'Observatoire de Toulouse, à l'équatorial Brunner-Henry de $0^m,38$ d'ouverture; par M. *A. Blondel* 1299

Pages.

— Sur la composition de l'atmosphère après le passage de la comète de Halley; par M. *Georges Claude*.... 1311
— Variations magnétiques et électriques dans la nuit du 18 au 19 mai 1910; par M. *Alfred Angot*..... 1371
— Observation de l'ionisation de l'air en vase clos pendant le passage de la comète de Halley; par M. *J.-A. Lebel*..... 1372
— Observations des variomètres magnétiques de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon, pendant la nuit du 18 au 19 mai; par MM. *C. Limb* et *T. Nanty*..... 1373
— Phénomènes observés au Pic du Midi du 18 au 19 mai (passage de la comète de Halley sur le Soleil); par M. *Emile Marchand*..... 1404
— Observations de la comète de Halley faites à l'Observatoire de Sofia (Bulgarie), le 18 mai 1910; par M. *K. Popoff*..... 1406
— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire d'Athènes; par M. *D. Eginitis*..... 1407
— Observations photographiques de la comète de Halley à l'Observatoire de Paris; par MM. *Jules Baillaud* et *G. Demetresco*..... 1409
— Sur les apparences de la comète de Halley; par MM. *Luizet* et *J. Guillaume*..... 1492
— Observations sur le passage de la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne); par MM. *P. Cirera* et *Ubach*..... 1494
— Sur la comète de Halley; par M. *J. Comas Solà*..... 1496
— Sur la comète de Halley; par M. *Giacobini*..... 1496
— Photographie de la comète de Halley; par M. *Jean Mascart*..... 1497
— Nouvelles observations concernant les effets du passage de la Terre dans la queue de la comète de Halley; par M. *Emile Marchand*..... 1575
— Résumé des observations faites sur la comète de Halley à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne); par MM. *Cirera* et *Pericas*..... 1576
— Observations de la comète de Halley; par M. *D. Eginitis*..... 1578
— Changements survenus dans le noyau de la comète de Halley; par MM. *J. Baillaud* et *A. Boinot*..... 1579
— Résumé des observations physiques faites sur la comète de Halley; par M. *J. Comas Solà*..... 1659
— Sur l'éclat de la comète de Halley et la composition de sa lumière; par M. *Charles Nordmann*..... 1732

Pages.

Comète 1910 *a*. — Sur la comète de Johannesburg; par M. *Ch. André*.. 193
— Observation de la comète Drake; par M. *E. Esclangon*..... 199
— M. *Bursaux* signale l'apparition d'une brillante comète à Mellaoui (Tunisie), le 20 janvier 1910..... 200
— Observations faites à l'Observatoire de Marseille, de la comète Drake 1910 *a*; par M. *H. Bourget*..... 200
— Premières observations de la comète Drake à l'Observatoire de Meudon; par MM. *H. Deslandres*, *A. Bernard* et *L. d'Azambuja*..... 253
— Observations de la comète 1910 *a* faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la Tour de l'Est $0^m,38$ d'ouverture); par M. *Giacobini*..... 263
— Observations de la comète de Johannesburg, 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Besançon avec l'équatorial coudé; par M. *P. Chofardet*..... 264
— Observations de la comète Innes (1910 *a*), faites à l'Observatoire de Lyon; par MM. *Luizet* et *J. Guillaume*..... 301
— Sur la comète 1910 *a*. Observations faites à Nice; par MM. *Javelle*, *Charlois* et *Schaumasse*..... 303
— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes de $0^m,16$ d'ouverture libre; par M. *Borrelly*.. 304
— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture); par M. *Coggia*..... 305
— Sur les transformations de la comète 1910 *a* dite *comète Innes*; par M. *Ernest Esclangon*..... 369
— Sur la grande comète 1910 *a*; par M. *J. Comas Solà*..... 372
— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes de $0^m,16$

Pages.

d'ouverture libre; par M. *Borrelly*.. 374

— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture); par M. *Coggia* 451

— Sur le spectre de la comète 1910 *a*; par MM. *H. Deslandres* et *P. Idrac*.. 653

Commissions. — Commission chargée de juger les concours du Grand Prix des Sciences mathématiques, prix Francœur, prix Poncelet pour l'année 1910 : MM. *Jordan, Poincaré Emile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Maurice Levy, Darboux, Boussinesq.* Cette Commission est également chargée de présenter une question de prix Bordin, pour l'année 1913..... 366

— Prix Montyon, Fourneyron : MM. *Maurice Levy, Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Poincaré*. 367

— Prix extraordinaire de la Marine, Plumey : MM. *Maurice Levy, Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté. Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille* 367

— Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen : MM. *Wolf, Radau, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Darboux, Lippmann, Poincaré*..... 367

— Prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau : MM. *Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Ph. van Tieghem, Perrier*, le prince *Roland Bonaparte.* Cette Commission est également chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913 367

— Prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin : MM. *Lippmann, Violle, Amagat, Gernez, Bouty, Villard, Maurice Levy, Cailletet, Poincaré*..... 367

— Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert : MM. *Troost, Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot, Maquenne* 367

— Prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) : MM. *Bornet, Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Ph. van Tieghem, Perrier, Chatin*..... 368

— Commission chargée de juger les concours des prix Savigny, Thore, pour l'année 1910 : MM. *Ranvier, Perrier, Chotin, Delage, Bouvier, Henneguy, Grandidier, Lannelongue*, le prince *Roland Bonaparte* 445

— Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate : MM. *Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy* 445

— Prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat : MM. *Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Henneguy.* Cette Commission est également chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913 .. 445

— Prix Montyon. (Statistique).: MM. *de Freycinet, Haton de la Goupillière, Carnot, Rouché, Alfred Picard*, le prince *Roland Bonaparte, Tannery*.. 445

— Prix Binoux. (Histoire des Sciences) : MM. *Darboux, Grandidier, Poincaré, Emile Picard, Guyou, Bouvier, Tannery* 445

— Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot : MM. *Emile Picard, Armand Gautier, Darboux, Ph. van Tieghem* 445

— Prix Gegner, Lannelongue et Trémont : MM. *Emile Picard, Armand Gautier, Darboux, Ph. van Tieghem, Maurice Levy, Bornet* 445

— Prix Wilde : MM. *Maurice Levy, Darboux, Troost, Poincaré, Emile Picard, Lippmann, Violle*..... 445

— Prix Lonchampt : MM. *Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin* 446

— Commission chargée de juger le concours du prix Saintour pour l'année 1910 : MM. *Ph. van Tieghem, Troost, Armand Gautier, Guignard, Müntz, Roux, Maquenne*. 507

— Prix Caméré : MM. *Léauté. Michel Lévy, Humbert, Alfred Picard, Vieille, Le Chatelier, Carpentier*.... 507

— Prix Jérôme Ponti : MM. *Maurice Levy, Darboux, Chauveau, Bornet,*

Pages.

Poincaré, Perrier, Bouvier 508
— Prix Houllevigue : MM. *Darboux, Lippmann, Poincaré, Emile Picard, Perrier, Violle, Deslandres* 508
— Commission chargée de présenter une question de prix Vaillant, pour l'année 1913 : MM. *Jordan, Darboux, Lippmann, Poincaré, Emile Picard, Appell, Humbert*..... 508
— Commission chargée de présenter une question de Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913: MM. *Troost, Bornet, Perrier, Guignard, Michel Lévy, Bouvier, Henneguy*..... 508
— M. le prince *Roland Bonaparte* est désigné pour faire partie de la Commission de la Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1000000}$..... 300
— MM. *Jordan, Darboux, Lippmann; Ph. van Tieghem, Armand Gautier, Roux* sont élus membres d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers 444
— MM. *Darboux, Lippmann, B. Baillaud, Ph. van Tieghem, Armand Gautier, Edmond Perrier* sont élus membres de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Al. Agassiz* 1491
Conductibilité. — Sur un procédé de mesure du coefficient de conductibilité thermique des corps peu conducteurs; par M. *Biquard* 268
Congrès. — M. le Président *du IIIe Congrès international de Physiothérapie* invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, à Paris, en mars-avril 1910 758
— L'Académie sera représentée par MM. *A. Gautier, Roux*, MM. *les membres de la Section de Médecine et Chirurgie* et M. *Labbé*..... 758
— M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre comme délégués de son département au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, à Bruxelles, en mai 1910.... 764
— MM. *Zeiller* et *Mangin* sont désignés pour représenter l'Académie au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, en mai, à Bruxelles..... 848
— M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son département, au Congrès international d'Hygiène alimentaire, à Bruxelles, en octobre 1910.. 764
— M. le *Secrétaire général du XIe Congrès géologique international* invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès à Stockholm, en août. .. 849
— M. le Secrétaire de l'Institution of Naval Architects invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime*, à Londres, le 5 juillet..... 896
— MM. *L.-E. Bertin* et le Prince *Roland Bonaparte* sont désignés pour représenter l'Académie..... 896
— M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui faire connaître ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au XIe Congrès géologique international à Stockholm 1025
— M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au IIe Congrès international du Froid 1094
Courant alternatif. — M. *J. Carpentier* présente à l'Académie un « fréquencemètre » réalisé sur les indications du commandant *Ferrié* 72
— Absorption d'énergie par le passage d'un courant alternatif dans un gaz à la pression atmosphérique; par M. *A. Chassy* 1305
Voir *Physique physiologique*.

CRISTALLOGRAPHIE.

Cristallisation. — Cristallisation spontanée du sucre; par M. *G. Fouquet*. 280

Pages.

— Températures de cristallisation des mélanges binaires; par MM. *E. Baud* et *L. Gay* 1687
Voir *Dissolutions, Pouvoir rotatoire.*

Crustacés. — Sur les Crevettes du genre *Saron* à mâles dimorphes; par M. *H. Coutière* 1263
— Sur la protandrie chez les Lernæopodidæ; par M. *A. Quidor* 1464
Cryoscopie. — Sur la formule de l'acide hypophosphorique; par M. *E. Cornec* 108
— Cryoscopie en solutions concentrées; par M. *E. Baud* 528
Cultures. — Sur les types sauvages de la pomme de terre cultivée; par M. *Pierre Berthault* 47
— Influence de la culture sur la teneur en alcaloïdes de quelques Solanées; par M. *J. Chevalier* 344
— Sur l'exploitation agricole, dans les Bouches-du-Rhône, d'une espèce de *Typha* spontanée, non signalée en France (*T. angustata*); par M. *J.-B. Gèze* 408
Voir *Greffe, Vigne.*
Cycles mixtes. — Voir *Cétones, Indigo.*
Cyclohexane. — Cyclohexanetriols et dérivés; par M. *Léon Brunel* 986
— Sur le méthyl-1-éthanoyl-1-cyclohexane; par M. *P.-J. Tarbouriech* .. 1606
Cytologie. — Nouvelles observations sur la cytologie des levures; par M. *Guilliermond* 835
Voir *Indigo, Magnétisme.*
— La division longitudinale des chromosomes dans les spermatogonies de *Sabellaria spinulosa* Leuck; par M. *Armand Dehorne* 1195
— Étude physico-chimique sur la structure de noyaux du type granuleux; par M. *E. Fauré-Frémiet* 1355
— Le nombre des chromosomes chez les Batraciens et chez les larves parthénogénétiques de Grenouille; par M. *Armand Dehorne* 1451
— La valeur des anses pachytènes et le mécanisme de la réduction chez *Sabellaria spinulosa* Leuck; par M. *Armand Dehorne* 1625

D

Décès. — M. *Blaserna* adresse d'Italie une dépêche exprimant les regrets qu'inspire aux membres de la conférence internationale des Poids et Mesures la mort de M. *Bouquet de la Grye* 24
— M. le Secrétaire perpétuel de la *Sociedad científica Antonio Alzate* adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de profonde condoléance à l'occasion du décès de M. *Bouquet de la Grye* 831
— M. le Président annonce à l'Académie la mort de M. *Alexandre Agassiz*, associé étranger 847
— M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. *Julius Kühn*, Correspondant pour la Section d'Économie rurale 953
— M. le Secrétaire perpétuel annonce la mort de M. *Edouard van Beneden*, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie 1094
— M. le Président annonce la mort de M. *Stanislas Cannizzaro*, Correspondant pour la Section de Chimie 1207
— M. le Président annonce la mort de M. *Robert Koch*, Associé étranger, et celle de Sir *William Huggins*, Correspondant pour la Section d'Astronomie 1379
Voir *Académie.*
Décharges. — Décharge des inducteurs. Capacité des électrodes; par M. *E. Caudrelier* 615
— Sur la dimension des éléments matériels projetés par les cathodes des tubes à vide; par M. *Houllevigue* ... 1237
— *Errata* relatifs à cette Communication 1470
— Sur l'existence de deux potentiels explosifs; par MM. *P. Villard* et *H. Abraham* 1286
— *Errata* relatifs à cette Communication 1714
— Sur l'action mutuelle de deux ca-

Pages.

thodes dans le champ magnétique; par M. *Gouy* 1652

Voir *Courant alternatif, Électrochimie, Étincelle.*

Diastases. — Nouvelles observations sur l'individualité de la cellase; par MM. *Gabriel Bertrand* et *M. Holderer.* 230

— Influence de la réaction du milieu sur la filtration de quelques diastases du malt; par M. *Maurice Holderer* 285

— De la filtration des diastases; par M. *Maurice Holderer* 790

— Action des phosphates alcalins bibasiques sur la tyrosinase; par M. *J. Wolff* 477

— Sur la température mortelle des tyrosinases végétales; par MM. *Gabriel Bertrand* et *M. Rosenblatt* 1142

— Influence de la réaction du milieu sur la formation des mélanines par oxydation diastasique; par M. *G. Agulhon* 1066

— Sur le dédoublement diastasique des dérivés du lactose; par MM. *H. Bierry* et *Albert Ranc* 1366

Voir *Bactériologie, Fermentations, Lait.*

Diélectriques. — La cohésion diélectrique du néon; par M. *E. Bouty* ... 149

— Cohésion diélectrique du néon et de ses mélanges. Analyse quantitative fondée sur la mesure de la cohésion diélectrique; par M. *E. Bouty* 1380

Pages.

— *Errata* relatifs à cette Communication 1790

— Nouvelle mesure de la cohésion diélectrique dans l'argon; par M. *E. Bouty* 1643

— Sur l'effet de la pénétration dans les diélectriques; par M. *Louis Maldès.* 1319

Diffusion. — Diffusion et théorie cinétique des solutions; par M. *G. Thovert* 270

Voir *Colorants.*

Digestion. — Recherches sur la digestion de l'inuline; par M. *H. Bierry.* 116

Dissolutions. — Observation d'une dissymétrie dans la vitesse de dissolution des cristaux de sucre suivant leurs différentes faces; par M. *Gaston Gaillard* 217

— Sur les pouvoirs réfringents spécifiques ou les constantes optiques des corps dissous dans des dissolutions très étendues; par M. *C. Chéneveau.* 866

Voir *Cristallisation, Cryoscopie, Diffusion, Optique.*

Dynamique des fluides. — Impossibilité de certaines ondes de choc et combustion; par M. *E. Jouguet* 91

Voir *Aérodynamique.*

Dynamos. — Loi générale du rendement relative à un générateur ou à un récepteur avec branche dérivée. Cas des dynamos; par M. *E. Haudié* ... 908

E

Eau. — Caractères différentiels des eaux de sources d'origine superficielle ou météorique, et des eaux d'origine centrale ou ignée; par M. *Armand Gautier* 436

Voir *Géologie, Hydrologie, Stérilisation.*

École Polytechnique. — M. le Ministre de la Guerre invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui remplacera au Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, M. *Bouquet de la Grye*, décédé 368

— M. *Léauté* est désigné pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique au titre de représentant de l'Académie des Sciences 444

Élasticité. — Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires; par M. *O. Boudouard* 696

— Phénomène de l'extinction du son dans le fer; par M. *Robin* 780

— Sur la distribution des torsions dans la déformation infinitésimale d'un milieu continu; par M. *J. Le Roux.* 1415

— Sur la flexion; par M. *J. Le Roux* 1589

— Sur une série de solutions des équations de l'élasticité de Lamé dans un milieu homogène et isotrope; par M. *E. Barré* 1509

Élections. — M. le Ministre de l'Intérieur invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres pour remplacer,

Pages.

dans le Conseil d'administration de la fondation Carnegie, M. *Bouquet de la Grye*, décédé..... 80
— M. *G. Darboux* sera désigné à M. le Ministre de l'Intérieur, pour faire partie de ce Conseil..... 80
— Sir *Patrick Manson* est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine et Chirurgie..... 262
— M. *Adolf von Baeyer* est élu Associé étranger 262
— M. *van der Waals* est élu Associé étranger 300
— M. *Richard Dedekind* est élu Associé étranger 590
— M. *Lallemand* est élu Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Bouquet de la Grye*, décédé 667
— M. *Hittorf* est élu Associé étranger.. 668
— M. *Albrecht* est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Augustin Normand*, décédé..... 758
— M. *Jean Bosscha* est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Crova*..... 1161
— M. *Blaserna* est élu Correspondant pour la Section de Physique en remplacement de Lord Rayleigh, élu Associé étranger..... 1221
— M. *Pérez* est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *Lortet*, décédé. 1403
— Sir *William Ramsay* est élu Associé étranger, en remplacement de M. *Alexandre Agassiz*, décédé..... 1726
Voir *Académie*.

ÉLECTRICITÉ.

— M. *Carpentier* présente un *instrument de mesure électrique*..... 826
— Le thermophile électrique : tissus, tapis, tricots chauffant par l'électricité; par M. *Herrgott* 1233
Électricité atmosphérique. — Voir *Comète de Halley*.
Électrochimie. — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent; par MM. *F. Laporte* et *P. de la Gorce*..... 278
— Réduction des chlorures de bore et d'arsenic par l'hydrogène sous l'influence de l'effluve électrique; par MM. *A. Besson* et *L. Fournier*..... 872
— Action de l'effluve sur le chloroforme et le tétrachlorure de carbone en présence de l'hydrogène, ainsi que sur le chlorure de méthyle; par MM. *A. Besson* et *L. Fournier*..... 1118
— Action de l'effluve sur l'aldéhyde éthylique en présence de l'hydrogène; par MM. *A. Besson* et *L. Fournier*. 1238
— Action de l'hydrogène sur le chlorure de soufre et sur le chlorure de thionyle, sous l'influence de l'effluve électrique; par MM. *A. Besson* et *L. Fournier*..... 1752
Voir *Ions*.
Électromètre. — Sur l'élimination des couples directeurs électriques et des effets dus à la dissymétrie, à l'absence de réglage et aux forces électromotrices de contact dans les électromètres à quadrants; par M. *L. Décombe*..... 164
— Mesure de très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression; par MM. *C.-E. Guye* et *A. Tscherniavski* 911
Électron. — Sur la variation de l'inertie de l'électron en fonction de la vitesse dans les rayons cathodiques et sur le principe de relativité; par MM. *C.-E. Guye* et *S. Ratnovski*... 326
Voir *Photoélectricité*, *Physique cosmique*.
Électrolytes. — Sur l'obtention par dialyse électrique, d'un sérum extrêmement appauvri en électrolytes; par MM. *Ch. Dhéré* et *Gorgolewski*. 993
Voir *Gélatine*.
— Détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans force électromotrice auxiliaire; par M. *Paul Jégou*. 1307
— Mécanisme électrostatique de l'hémiperméabilité des tissus vivants aux électrolytes; par M. *Pierre Girard*..... 1446
Électrotechnique. — Surintensités et surtensions dues à la manœuvre des interrupteurs de tableau; par M. *André Léauté*..... 1110

Pages.

Voir *Alliages, Arc, Courant alternatif, Colorants, Décharge, Diélectriques, Dynamos, Force électromotrice, Galvanomètre, Magnétooptique, Ondes hertziennes, Physique mathématique, Rayons cathodiques, Rayons X, Vision.*

ÉMISSION. — Sur l'émission des gaz; par M. *Edmond Bauer* 1747
Vori *Étoiles, Rayonnement.*
ENGRAIS. — Emploi du bore comme engrais catalytique; par M. *H. Agulhon* 288
ENSEMBLES. — Sur les ensembles de points; par M. *Ludovic Zoretti* 162
— Sur la mesure des ensembles; par M. *Armand Denjoy* 596
— Contribution à la géométrie des courbes planes générales; par M. *Sigismond Janiszewski* 606
— Sur l'intégration, par la méthode de M. Darboux, des équations aux dérivées partielles du second ordre de la forme

$$S = a(x, y, z)\, p_0 + b(x, y, z)\, q + c(x, y, z);$$

par M. *P.-E. Gau* 1099
ÉQUATIONS AUX DIFFÉRENCES FINIES. — Sur la représentation des solutions d'une équation aux différences finies linéaire pour les grandes valeurs de la variable; par M. *Galbrun* 206
ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — Le théorème de M. *W. Stekloff* (théorème généralisé de Jacobi) et les formules généralisées de la transformation de contact; par M. *C. Russyan* 81
— *Errata* relatifs à cette Communication. 882
— Sur une application de la méthode de Jacobi; par M. *U. Cisotti* 160
— Sur un théorème général d'existence des fonctions fondamentales correspondant à une équation différentielle linéaire du second ordre; par M. *W. Stekloff* 452
— Sur les équations différentielles dont l'intégrale générale possède une coupure essentielle mobile; par M. *Jean Chazy* 456
— Sur les solutions asymptotiques des équations différentielles; par M. *E. Cotton* 511

Pages.

— Conditions nécessaires et suffisantes pour la possibilité du problème de Dirichlet; par M. *Serge Bernstein* .. 514
— La méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre; par M. *C. Russyan* 1027
— Sur les changements canoniques de variables; par M. *H. Vergne* 1038
— Sur les équations différentielles déduites de certains invariants des formes linéaires; par M. *Jean Chazy.* 1104
— Sur la recherche des intégrales intermédiaires de l'équation $s = f(x, y, z, r, p, q)$; par M. *P.-E. Gau.* 1410
— Sur la généralisation du théorème de S. Lie; par M. *Saltykow* 1506
— Sur les applications du théorème de S. Lie généralisé; par M. *N. Saltykow* 1585
— Sur l'intégration des systèmes complets; par M. *E. Vessiot* 1662
— Sur des intégrales irrégulières des équations différentielles linéaires; par M. *Richard Birkeland* 321
ÉQUATION DE FREDHOLM. — Existence de solutions singulières pour certaines équations de Fredholm; par *Joseph Marty.* 1031
— Valeurs singulières d'une équation de Fredholm; par M. *Joseph Marty* .. 1499
ÉQUATIONS FONCTIONNELLES. — Sur certains systèmes d'équations fonctionnelles et l'approximation des fonctions continues; par M. *Frédéric Riesz* 674
— Sur l'équation fonctionnelle linéaire, par M. *A. Blondel* 957
ÉQUATIONS INTÉGRALES. — Une remarque sur les équations intégrales de première espèce; par M. *Johannes Mollerup* 313
— Un théorème général sur certaines équations intégrales de troisième espèce; par M. *E. Picard* 489
— Sur une équation intégrale; par M. *Joseph Marty* 515
— Sur certaines équations intégrales non linéaires; par M. *G. Bratu* 896
— Sur les équations intégrales non linéaires; par M. *Paul Lévy* 899
ÉROS. — La parallaxe solaire déduite des observations micrométriques d'Éros faites en 1900-1901; par M. *Arthur-*

Pages.

R. Hinks..... 953

Errata. — 252, 294, 362, 430, 822, 894, 1006, 1084, 1378, 1470, 1714, 1790.

Ethers. — Oxydation du ricinoléate de méthyle par l'ozone; par MM. *A. Haller* et *A. Brochet*..... 496

— Sur les méthoxybenzoylacétates de méthyle; par MM. *A. Wahl* et *C. Silberzweig*..... 538

— Sur l'éther éthylique de l'allylcarbinol; par M. *Pariselle*..... 1056

— Sur le produit de la méthylation de l'éther dicétoapocamphorique de M. *G. Komppa*; par MM. *J.-F. Thorpe* et *G. Blanc*..... 1126

— Sur les éthers chloranthraniliques et sur leur condensation avec le nitrobenzène; par M. *P. Freundler*..... 1179

— Action des hydracides sur les éthers glycidiques; par M. *Georges Darzens*..... 1243

— Condensation de l'éther oxalique avec l'éther tricarballylique; par M. *H. Gault*..... 1341

— Remarque sur l'acidité des dérivés de l'éther oxalacétique; par M. *H. Gault*..... 1608

— Sur le caractère acide de l'éther oxalacétique; par M. *L.-J. Simon*..... 1760

— Sur la condensation de la phénylisoxazolone avec l'éther mésoxalique; par M. *André Meyer*..... 1765

Voir *Amides, Cétones.*

Étincelle. — Sur la durée de l'émission de raies spectrales par les vapeurs lumineuses dans l'étincelle électrique; par M. *G.-A. Hemsalech*. 1743

Étoiles. — Carte photographique du Ciel. Présentation des procès-verbaux du dernier Congrès; par M. *Baillaud*..... 256

— Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles; par M. *Charles Nordmann*.. 669

— *Errata* relatifs à cette Communication..... 894

Voir *Photométrie stellaire, Spectroscopie stellaire.*

Évaporation. — Sur les lois de l'évaporation; par M. *P. Vaillant*..... 213

— Sur un cas particulier d'évaporation; par M. *P. Vaillant*..... 689

— Sur une loi de Stefan relative à l'évaporation; par M. *P. Vaillant*..... 1048

Exploration. — M. le Secrétaire perpétuel donne lecture d'un télégramme de M. *Jean Charcot* relatif à son Expédition au pôle Sud..... 368

— M. *Jean Charcot* adresse de Punta-Arenas un résumé de son expédition polaire..... 759

— Remarques à la suite de la Communication du Rapport de M. *Charcot*; par M. *A. Lacroix*..... 763

— Mme *Charcot* adresse, de la part de M. *Jean Charcot*, un exemplaire des Cartes provisoires levées au cours de l'Expédition du *Pourquoi pas?*. 953

— M. *J. Charcot* adresse à l'Académie une copie des Rapports mensuels de l'Etat-Major de la deuxième Expédition antarctique française..... 1295

F

Fermentations. — Influence de la concentration en saccharose sur l'action paralysante de certains acides dans la fermentation alcoolique; par M. et Mme *M. Rosenblatt*..... 1363

— Sur le fibrine-ferment; par M. *C. Gessard*..... 1617

Voir *Diastases, Pain, Présure, Sucres.*

Flore tropicale. — Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la Mission scientifique de l'Afrique occidentale) : bois, caoutchouc et oléagineux: par M. *Aug. Chevalier*..... 403

— Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la Mission scientifique de l'Afrique occidentale) : excitants, gommes et résines, divers; par M. *Aug. Chevalier*..... 623

Fluorescence. — Voir *Hydrologie.*

Foie. — Sécrétion normale d'une substance anticoagulante du foie; par M. *Doyon*..... 792

Fonctions. — Sur la définition générale des fonctions analytiques; par M. *Léon Lichtenstein*..... 1109

— Sur les conditions de maximum ou de minimum d'une fonction analy-

Pages.

tique d'une infinité de variables; par M. *J. Le Roux*..... 202
— Sur les fonctions analytiques uniformes à singularités discontinues non isolées; par M. *Arnaud Denjoy*. 32
— Sur les singularités des fonctions analytiques uniformes; par M. *D. Pompéiu*..... 454
— Développements suivant certaines solutions singulières; par M. *Joseph Marty*..... 603
— Sur le développement procédant suivant les polynomes hypergéométriques; par M. *Nicolas Kryloff*.... 316
— Sur la représentation d'une fonction arbitraire par une intégrale définie; par M. *Michel Plancherel*..... 318
— Sur le développement d'une fonction arbitraire en séries procédant suivant certaines fonctions fondamentales; par M. *W. Stekloff*..... 601
— Sur la transformation des fonctions abéliennes; par M. *G. Cotty*..... 458
— Sur les fonctionnelles continues; par M. *Maurice Fréchet*..... 1231
Fonds Bonaparte. — MM. *Violle* et *Alfred Picard* sont élus membres de la Commission du Fonds Bonaparte pour 1910 et 1911..... 590
— M. *Houard* adresse un Rapport sur ses travaux exécutés à l'aide de la subvention accordée sur le fonds Bonaparte..... 1655

Pages.

— Rapport de la Commission chargée de proposer pour l'année 1910 la répartition des subventions du *Fonds Bonaparte*; par M. *Ph. van Tieghem*.. 1784
Force électromotrice. — Étude de quelques alliages de cobalt d'après leurs forces électromotrices; par M. *F. Ducelliez*..... 98
Formes. — Sur les formes quadratiques définies à une infinité de variables; par M. *J. Le Roux*..... 88
— Les formes quadratiques positives et le principe de Dirichlet; par M. *J. Le Roux*..... 377
— Sur les minima des classes de formes quadratiques linéaires et positives; par M. *G. Humbert*..... 431
Fractions continues. — Sur une transformation des fractions continues arithmétiques; par M. *A. Chatelet*..... 769
— Sur la sommation de fractions continues arithmétiques; par M. *A. Chatelet*..... 1101
Frottement. — Rôle lubrifiant de l'air dans le frottement des solides. Frottement dans le vide; par M. *F. Charron*..... 906
— Sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures; par MM. *C.-E. Guye* et *H. Schapper*.... 962
Froid. — Voir *Congrès*.

G

Galvanomètre. — Bobine symétrique pour galvanomètre à cadre mobile; par M. *Ch. Féry*..... 524
Gélatine. — Sur la préparation et sur quelques propriétés physicochimiques de la gélatine déminéralisée; par MM. *Ch. Dhéré* et *Gorgolewski*.. 934
Géodésie. — Sur les jonctions de la chaîne méridienne de Savoie avec la triangulation fondamentale italienne et suisse; par M. *Paul Helbronner*..... 208
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 362
— Sur une erreur systématique de la détermination du niveau moyen de la mer, à l'aide du médimarémètre; par M. *Ch. Lallemand*..... 265
Géographie. — La Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1000000}$; par M. *Alfred Grandidier*..... 193
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 430

GEOLOGIE.

— Sur le poids atomique moyen de l'écorce silicatée terrestre; par M. *L. De Launay*..... 1270

Pages.

— Sur le forage du puits artésien de Maisons-Laffitte; par M. *F. Péroux*. 59
— La craie de Blois; par M. *Marius Fil-liozat*. 1274
— Un horizon fossilifère dans le Muschelkalk de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne); par M. *A. Doby*... 1553
— Prolongement des minerais de fer oolithique siluriens de la presqu'île armoricaine sous le Bassin de Paris; par M. *L. Cayeux*. 134
— Sur les mouvements préhercyniens du Massif breton; par M. *F. Kerforne*.. 484
— Sur la formation du Marais poitevin et la séparation des îles de Ré et d'Oléron; par M. *Jules Welsch*.... 844
— Sur les dépôts de tourbe littorale de l'ouest de la France; par M. *Jules Welsch*. 1628
— Architecture de la partie centrale des monts du Forez; par M. *Ph. Glangeaud*. 804
— Les formations archéennes, l'ancienne couverture et les plissements des monts du Forez; par M. *Ph. Glangeaud*. 942
— Sur la présence du Cénomanien fossilifère dans les Alpes calcaires de la Haute-Savoie; par M. *Léon-W. Collet*. 242
— Le Nummulitique de la zone du Flysch à l'est et au sud-est du Mercantour, par M. *Jean Boussac*..... 57
— Interprétation tectonique du Flysch dit *autochtone* de la Suisse centrale et orientale; par M. *Jean Boussac*.. 1148
— Distribution des niveaux et des facies dans le Nummulitique dit *autochtone* de la Suisse orientale; par M. *Jean Boussac*. 1272
— Nummulitique helvétique et Nummulitique préalpin dans la Suisse centrale et orientale; par M. *Jean Boussac*. 1555
— Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud; par M. *Maurice Gignoux*. 841
— Sur la présence de couches à *Ellipsactinia* aux monts Vardussa et sur la zone orientale du flysch d'Étolie en Grèce; par MM. *Const. A. Ktenas* et *Ph. Négris*. 748
— Sur des lambeaux de glace fossile en Nouvelle-Zemble; par M. *V. Roussanof*. 807
— Sur les terrains paléozoïques de la Nouvelle-Zemble; par M. *V. Roussanof*. 1550
— Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique aux environs de Djoulfa (Transcaucasie méridionale); par MM. *P.* et *N. Bonnet*. 746
— Les mouvements orogéniques dans le Haut-Atlas marocain; par M. *Louis Gentil*. 1275
— Les mouvements tertiaires dans le Haut-Altas marocain; par M. *Louis Gentil*. 1465
— Sur la découverte du Trias marin de Madagascar; par M. *Henri Douvillé*. 260

Voir *Chimie analytique, Chimie inorganique* (*C*), *Congrès, Eau, Glaciers, Hydrologie, Nappes de charriage, Paléontologie, Volcan*.

Géométrie. — Sur les corps solides *opposés*; par M. *René de Saussure*... 1586

Voir *Ensembles*.

Géométrie infinitésimale. — Sur la transformation de Ribaucour; par M. *A. Demoulin*. 25
— Sur les systèmes et les congruences K; par M. *A. Demoulin*. 156
— Sur les systèmes et les congruences K; par M. *A. Demoulin*. 310
— Un problème sur les systèmes triples orthogonaux; par M. *G. Tzitzéica*.. 29
— Sur une nouvelle classe de surfaces; par M. *Tzitzéica*. 955
— Sur une nouvelle classe de surfaces; par M. *Tzitzéica*. 1227
— Sur les surfaces à courbure totale constante qui correspondent à des systèmes singuliers d'ordre quelconque; par M. *C. Guichard*. 76
— Sur un mode de génération des systèmes triple-orthogonaux à lignes de courbure sphériques dans un seul système; par M. *C. Guichard*.. 1090
— Sur les surfaces algébriques représentables sur celle de Kummer; par M. *L. Remy*. 677
— Sur quelques nouvelles familles de Lamé; par M. *J. Haag*. 767
— Sur la représentation sphérique de certaines familles de Lamé; par M. *J. Haag*. 852
— Sur certains systèmes triple-orthogonaux; par M. *J. Haag*. 1096

Pages.

— Sur une classe particulière de systèmes triple-orthogonaux; par M. *Gaston Darboux*..... 1155
— Sur l'emploi de nouvelles méthodes de récurrence dans la théorie des systèmes orthogonaux; par M. *Gaston Darboux*..... 1208
Glaciers. — Sur la théorie mécanique de de l'érosion glaciaire; par M. *E. de Martonne*..... 135
— Sur la genèse des formes glaciaires alpines; par M. *E. de Martonne*.... 243
— Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire; par M. *Smoluchowski*... 1368
Graines. — Sur les modes d'ouverture des akènes et des noyaux, au moment de leur germination; par M. *Auguste Joxe*..... 626
Gravitation. — Voir *Balance de torsion, Pesanteur.*
Greffe. — Sur la variation dans le greffage et l'hybridation asexuelle; par M. *Ed. Griffon*..... 629
Voir *Chimie végétale, Vigne.*
Grêle. — Sur l'effet produit lors des orages par les tirs grélifuges; par M. *Ch. André*..... 1023
— Sur la lutte contre la grêle dans le Beaujolais; par M. *J. Violle*..... 1087
— M. *Georges Lemoine* rappelle les nombreuses expériences de tir contre la grêle qui ont été faites en Italie..... 1090
Groupes. — Sur le groupe symétrique et le groupe alterné; par M. *de Séguier*..... 599
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 822
— Sur les groupes commutatifs de quantités hypercomplexes; par M. *Léon Autonne*..... 1581

H

Histoire des Sciences. — M. Bornet fait hommage d'une « Collection de dessins publiés ou inédits », par *Alfred Riocreux*, et d'un Ouvrage intitulé *Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames*, par *Gustave Thuret*..... 22
Histologie. — Sur une nouvelle formation de la gaine myéline : le double bracelet épineux de l'étranglement annulaire; par M. *J. Nageotte*..... 123
Voir *Nerfs.*
— Sur la structure des cellules nerveuses ganglionnaires de la moelle amyélinique des Cyclostomes; par M. *J. Mawas*..... 126
— Sur la structure de la tectoria; par M. *E. Vasticar*..... 354
— Sur certains filaments ayant probablement la signification des mitochondries, dans la couche génératrice de l'épiderme; par MM. *M. Favre* et *Cl. Regaud*..... 560
— Sur certaines enclaves protoplasmiques de la cellule hépatique normale du lapin; par M. *L. Launoy*... 1145
Voir *Anatomie, Cytologie.*
Houille. — De l'action de l'air sur la houille; par M. *P. Mahler*..... 1521
— Examen des liquides dégagés par l'action de l'air sur la houille entre 125° et 200°; par MM. *P. Mahler* et *E. Charon*..... 1604
Hydrodynamique. — Sur la manière dont le potentiel des vitesses, dans le problème des ondes par émersion, dépend de l'état initial; par M. *J. Boussinesq*..... 491
— Intégration des équations des ondes d'émersion, par la formule de Mac-Laurin, en séries toujours convergentes, pour un canal profond sans extrémités et pour un bassin indéfini en tous sens; par M. *J. Boussinesq*..... 577
— Propagation verticale, aux grandes profondeurs, du mouvement des ondes par émersion dans les cas d'un canal ou d'un bassin horizontalement indéfinis; par M. *J. Boussinesq*..... 655
— Sur les ondes liquides; par M. *Hadamard*..... 609
— Les ondes liquides; par M. *Hadamard*..... 772
Hydrographie. — Sur l'évolution de l'hydrographie quaternaire dans la région de Constantine (Algérie);

Pages.

par M. *L. Joleaud*..... 1081
Voir *Géodésie, Océanographie.*

Hydrologie. — De la prédominance de l'érosion sur la rive droite d'une rivière en temps de crue; par M. *Jean Brunhes*..... 567
— Sur les crues de la Seine en janvier-février 1910; par MM. *Nouailhac-Pioch* et *Edmond Maillet*..... 813
— Les infiltrations sur le massif du Zaghouan (Tunisie); par M. *Noel*... 1711
— Sur la minéralisation et l'analyse chimique de l'eau du puits artésien de Maisons-Laffitte; par M. *E. Péroux*..... 142
— Méthode prompte et sûre pour reconnaître dans une eau minérale la présence en bloc de métalloïdes et de métaux; par M. *F. Garrigou*.... 1002
— Sur la présence d'éléments métalloïdiques dans les eaux potables. Conséquences pratiques; par M. *F. Garrigou*.... 1374
— Nouvelles déterminations de la radioactivité des eaux thermales de Plombières; par M. *André Brochet*.. 145
— Radioactivité de quelques sources sauvages des Vosges; par M. *André Brochet*. 291
— Relation entre la radioactivité et la richesse en extrait sec des eaux thermales de Plombières; par M. *André Brochet*..... 423
— Recherches sur l'ionisation de la source chaude des thermes d'Hammam-Salahin, près de Biskra; par M. *Albert Nodon*..... 1083
— De la recherche des substances fluorescentes dans le contrôle de la stérilisation des eaux; par M. *F. Diénert*..... 487
— De la recherche des substances fluorescentes dans quelques eaux minérales; par M. *F. Diénert*..... 891
— Etude expérimentale sur la spécificité d'action des sources de Vichy employées en thérapeutique thermale; par M. *H. Sérégé*..... 1135
Voir *Eau, Géologie.*

Hydrolyse. — Sur l'hydrolyse fluorhydrique de la cellulose; par MM. *J. Ville* et *W. Mestrezat*..... 783

Hygiène. — Voir *Aldéhydes, Aliments, Eau, Électricité, Stérilisation.*

I

Immunité. — Immunité naturelle des Batraciens et des Serpents contre le venin muqueux des premiers; mécanisme de cette immunité; par Mme *Marie Phisalix*..... 635

Indigo. — Sur la synthèse de l'indigo tétrachloré-5.7.5'.7'; par M. *Oberreit*..... 282

Inondation. — M. *Edmond Perrier* fait connaître l'état du Muséum après l'inondation de janvier 1910..... 259
Voir *Académie. Chimie agricole, Hydrologie.*

Insectes. — Sur l'emploi du cyanure de potassium comme insecticide souterrain; par M. *Th. Mamelle*..... 50
— Sur les inclinaisons du voile de l'aile de l'insecte pendant le vol; par M. *L. Bull*..... 129
— Recherches sur le développement de l'œuf du ver à soie univoltin; par MM. *C. Vaney* et *A. Conte*..... 553
— Considérations générales sur les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères; par M. *L. Bordas*.... 737

Intégrale. — Sur l'intégrale de Stieltjes et sur les opérations fonctionnelles linéaires; par M. *Henri Lebesgue*... 86
— Sur la définition de l'intégrale définie; par M. *Emile Borel*..... 375
— Sur une condition générale d'intégrabilité; par M. *Emile Borel*..... 508

Interférences. — Sur les interférences de deux faisceaux superposés en sens inverse le long d'un circuit optique de grandes dimensions; par M. *G. Sagnac*..... 1302
— Interféromètre à faisceaux lumineux superposés inverses donnant en lumière blanche polarisée une frange centrale étroite à teinte sensible et des franges colorées étroites à intervalles blancs; par M. *G. Sagnac*.... 1676

Ions. — Action chimique et ionisation par barbotage; par M. *L. Bloch*.... 694
— Ionisation par pulvérisation des

Pages.

liquides; par M. *L. Bloch* 967
— Ionisation par barbotage et actions chimiques; par MM. *de Broglie* et *Brizard*. 969
— Sur l'ionisation des gaz par les actions de division mécanique des liquides; corps actifs et inactifs; par M. *de Broglie* 1115
— Electrisation de l'air par la flamme d'oxyde de carbone et par les rayons du radium; comparaison des mobilités des ions présents; par M. *Maurice de Broglie* 1425
Voir *Grêle, Photoélectricité.*

J

Jupiter. — Sur l'aplatissement de Io, premier satellite de Jupiter; par M. *J. Comas Solá* 1224

L

Lait. — Sur la présence dans le lait de vache d'une anaéroxydase et d'une catalase; par M. *J. Sarthou* 119
— Contribution à l'étude des réactions dues à l'état colloïdal du lait cru; par MM. *F. Bordas* et *Touplain* 341
— Sur la présence accidentelle dans le lait de sulfocyanures et leur origine; par MM. *Stœcklin* et *Crochetelle* 1530
Voir *Présure.*
Liquéfaction des gaz. — Voir *Comètes.*
Lune. — Sur la polarisation de la lumière lunaire; par M. *J.-J. Landerer* 1164
— Sur la variation dans le mouvement de la Lune; par M. *Nicolau* 1656

M

MAGNÉTISME.

— Sur un dispositif simple pour la mesure d'un champ magnétique; par *M. C. Chéneveau* 1046
— Sur un nouveau modèle de balance pour la détermination des champs magnétiques; par M. *Pierre Sève* ... 1309
— Sur une méthode de mesure d'un champ magnétique en grandeur, direction et sens; par M. *Louis Dunoyer*. 1679
— Mesure des susceptibilités magnétiques des corps solides; par M. *P. Pascal*. 1054
— Sur la précision dans la mesure des susceptibilités magnétiques: par M. *C. Chéneveau* 1317
— Sur la précision des méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques; par M. *P. Pascal* 1514
— L'intensité d'aimantation à saturation aux très basses températures; par MM. *Pierre Weiss* et *Kamerlingh Onnes* 686
— Sur les propriétés magnétiques du manganèse, du vanadium et du chrome; par MM. *Pierre Weiss* et *Kamerlingh Onnes*. 687
— Variation avec la température des propriétés magnétiques du fer dans les champs magnétiques faibles; par M. *Ch. Maurain* 777
— Réaimantation spontanée du fer; par M. *H. Ollivier* 1051
— Remarques au sujet de la note de M. H. Ollivier intitulée *Réaimantation spontanée du fer*; par M. *Bouty*. 1054
— Analyse magnétique de quelques groupements chromophoriques; par M. *Paul Pascal* 1167
Voir *Décharges, Magnétooptique, Terres rares.*
Magnétisme terrestre. — Sur la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au

Pages.

1er janvier 1910; par M. *Alfred Angot*. 138
— Sur la variation séculaire des éléments magnétiques dans la région de Paris; par M *Alfred Angot*..... 568
— Recherches sur le magnétisme terrestre; par M. *Albert Nodon*..... 751
— Stabilité d'aimantation des poteries lacustres; par M. *Paul Mercanton*.. 1598
Voir *Comète de Halley, Physique cosmique.*

Magnétooptique. — Sur les triplets dissymétriques. Exemple d'une dissymétrie de position proportionnelle au carré du champ magnétique; par M. *A. Dufour*..... 614
— Sur la biréfringence magnétique et électrique des liquides aromatiques et sur la théorie de l'orientation moléculaire; par MM. *A. Cotton* et *H. Mouton* 774
— Sur la relation de Havelock entre la biréfringence et l'indice de réfraction; par MM. *A. Cotton* et *H. Mouton*. 857

Mars. — Nouveaux canaux de la planète Mars; par M. *Percival Lowell*... 448

MATHÉMATIQUES.

Voir *Analyse mathématique, Géométrie, Nomographie, Trigonométrie.*

MÉCANIQUE.

Mécanique appliquée. — De la compression d'air adiabatique, appliquée à un véhicule mû par un moteur à explosion pour remplacer les transmissions mécaniques; par M. *Camille Hautier*. 34
— Sur le mode d'action des roues motrices; par M. *A. Petot*..... 960
— Étude géométrique de la distribution des machines à distributeurs séparés; par M. *L. Letombe*..... 1736
— Sur l'ébranlement des édifices; par M. *B. Galitzine*..... 901
— Sur la précision des appareils qui servent à étudier l'ébranlement des édifices; par M. *B. Galitzine*..... 1041
Voir *Aérodynamique, Aéroplane, Balance, Balance de torsion, Dynamique des fluides, Frottement, Sismographes.*

Mécanique céleste. — M. *Poincaré* fait hommage à l'Académie du Tome III de ses *Leçons de Mécanique céleste* 667

Mécanique rationnelle. — Sur l'équation différentielle du mouvement d'un projectile sphérique pesant dans l'air; par M. *E. Ouivet*..... 1229
— Sur le mouvement d'un fil dans l'espace; par M. *J. Arnoult*..... 1592
Voir *Cinématique, Élasticité, Hydrodynamique, Philosophie naturelle.*

MÉDECINE.

— La paralysie infantile expérimentale; par MM. *C. Levaditi* et *K. Landsteiner*..... 55
— Recherches sur la paralysie infantile expérimentale; par MM. *C. Levaditi* et *K. Landsteiner*..... 131
— Moyen d'éviter les accidents anaphylactiques; par M. *A. Besredka*..... 1456
Voir *Bactériologie, Chirurgie. Pathologie, Radiographie, Sérothérapie, Vaccin, Voix,*

Mélanges doubles. — Sur une nouvelle méthode d'analyse par les courbes de miscibilité; application aux essences de térébenthine; par M. *E. Louise* 526
— Sur l'analyse de l'essence de térébenthine par les courbes de miscibilité; par M. *M. Vèzes*..... 698
Voir *Cristallisation.*

Mémoires lus. — Sur un nouveau type de sismographe pour la composante verticale; par M. *B. Galitzine*..... 1727

Métallisation. — Nouveau principe de métallisation; par *U. Schoop*..... 1044

Métaux rares. — Extraction du germa-

Pages.

nium des blendes; par MM. *G. Urbain*, *M. Blondel* et *Obiedoff* 1758

MÉTÉOROLOGIE.

— Sur une sorte d'arc-en-ciel blanc, observé à Paris; par M. *Louis Besson*. 426
— Sur les anomalies de la répartition de la pression atmosphérique aux Etats-Unis; par M. *Henry Arctowski*. 753
— Le P. *E. Colin* fait hommage d'un Volume intitulé « Observatoire de Madagascar. Observations météorologiques faites à Tananarive »..... 831
Voir *Aurore boréale, Comète de Halley, Grêle, Magnétisme terrestre.*

MICROBIOLOGIE.

— Influence des atmosphères viciées sur la vitalité des microbes; par MM. *A. Trillat* et *Sauton* 743
Voir *Bactériologie, Médecine, Pathologie, Ultraviolet.*

MINÉRALOGIE.

— Sur la reproduction synthétique du saphir par la méthode de fusion; par M. *A. Verneuil*..... 185
— M. *A. Lacroix* fait hommage de la deuxième Partie du Tome III de sa « Minéralogie de la France et de ses colonies »..... 830
— Note sur un filon aurifère situé à Beslé (Loire-Inférieure), par M. *F. Kerforne*..... 224
— Sur la constitution minéralogique des phosphorites françaises; par M. *A. Lacroix*. 1213
— Sur le minéral à structure optique enroulée constituant les phosphorites holocristallines du Quercy; par M. *A. Lacroix*..... 1388
— Sur le gisement des pechsteins associés aux pyromérides dans l'Esterel; par M. *Albert Michel-Lévy*..... 750
— Sur la monzonite de Fontaine-du-Génie, près Cherchel (Algérie) et sur les micromonzonites de la région avoisinante; par MM. *Pierre Termier* et *Jacques de Lapparent*... 1484
— Nouvelle contribution à l'étude des latérites; par M. *H. Arsandaux*.... 1698
Voir *Chimie agricole, Chimie inorganique, Nappes de charriage, Pétrographie, Volcan.*

Mollusques. — Sur une jeune Spirule; par M. *L. Joubin*..... 414
Voir *Océanographie.*
Mont Rose. — M. *A. Mosso* rappelle que la France peut disposer de deux places d'études sur le sommet du Mont Rose et dans les laboratoires du Col d'Olen..... 1492
Muscles. — Sur les homologues du muscle du membre postérieur des Reptiles; par M. *Fougerat*..... 1541
Voir *Anatomie, Poissons.*
Muséum d'Histoire naturelle. — M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de Zoologie (Reptiles et Poissons) vacante au Muséum d'Histoire naturelle par la mise à la retraite de M. *Vaillant*... 1655
Voir *Inondation.*
Mutations. — Une nouvelle espèce de Bourse-à-Pasteur : *Capsella Viguieri* Blar., née par mutation; par MM. *L. Blaringhem* et *Paul Viguier*. 988
Voir *Variations.*

N

Nappes de charriage. — Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgau; par M. *Wilfrid von Seidlitz*..... 944
Voir *Géologie.*
Navigation. — M. le Président de la

Pages.

Ligue maritime française invite l'Académie à se faire représenter à l'Assemblée générale, en avril 1910 à la Sorbonne..... 849
— M. *L.-E. Bertin* est désigné pour représenter l'Académie..... 849
Voir *Congrès, Exploration, Télégraphie sans fil.*

Nerfs. — Étude microscopique, sur le vif, de l'activité de la myéline au cours de la dégénération wallérienne des nerfs; par M. *J. Nageotte.* 557
— Activité de la gaine de myéline dans les nerfs en état de survie; par M. *J. Nageotte*..... 731
Voir *Anatomie, Histologie.*

Nitriles. — Synthèse de nitriles aromatiques; par MM. *F. Bodroux* et *F. Taboury*..... 1241

Nomographie. — Sur la disjonction des variables des équations nomographiques rationnelles d'ordre supérieur; par M. *Farid Boulad*..... 379

O

Observatoires. — M. *B. Baillaud* présente, au nom de M. *Cosserat*, le Tome VI des *Annales de l'Observatoire de Toulouse*..... 366
— M. *Bassot* présente à l'Académie le Tome XII des *Annales de l'Observatoire de Nice*..... 1471

Océanographie. — M. le Président donne lecture d'une lettre du Prince de Monaco invitant l'Académie à se faire représenter à la cérémonie d'inauguration du Musée océanographique de Monaco..... 431
— L'Académie décide qu'elle sera représentée à l'inauguration du Musée océanographique de Monaco, par son Bureau..... 431
— M. le Président rend compte des fêtes de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco..... 848
— S. A. S. le Prince *Albert de Monaco* fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de la médaille frappée à l'occasion de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco. 1403
— De la genèse des roches sous-marines connues sous le nom de *mattes*: par M. *J. Thoulet*..... 421
— Carte lithologique sous-marine de la côte du Languedoc; par M. *J. Thoulet*..... 640
— Sédiments marins d'origine éolienne; par M. *J. Thoulet*..... 947
— Sur la mesure de la couleur des vases marines actuelles et anciennes; par M. *J. Thoulet*..... 1375
— Sur le régime thermique de la Méditerranée littorale algérienne; par M. *J.-P. Bounhiol*..... 1197
— Sur la douzième campagne scientifique de la *Princesse-Alice*; par S. A. S. le Prince *Albert de Monaco*... 1396
— Sur les travaux océanographiques du Musée de Monaco; par S. A. S. le Prince *Albert de Monaco*..... 1397
— S. A. S. le Prince *Albert de Monaco* présente une nouvelle feuille de la « Carte des gisements de Mollusques comestibles de la France », dressée par M. *Joubin*..... 1398
— S. A. S. le Prince *Albert de Monaco* présente à l'Académie les 18e et 19e feuilles de la « Carte générale des gisements de coquillages comestibles des côtes de France », dressées par M. *L. Joubin*..... 1572
Voir *Académie, Géodésie.*

Odeur. — Sur quelques relations entre la constitution moléculaire et l'odeur, par MM. *G. Austerweil* et *G. Cochin*..... 1693

Oiseaux. — Anomalies et variations spontanées chez des oiseaux domestiques; par M. *A. Conte*..... 187
— Sur un oiseau de la famille des Coureurs, particulier aux hauts sommets des Andes péruviennes; par par M. *M.-Emm. Pozzi-Escot*..... 888
— Influence du régime alimentaire sur l'intestin chez les Oiseaux; par M. *A. Magnan*..... 1706

Ondes hertziennes. — Une action à distance sur le cohéreur, produite par les contacts métalliques; par

Pages.

M. *B. Szilard* 1670

Voir *Télémécanique, Télégraphie sans fil.*

Optique. — Sur la relation de Pulfrich entre la contraction du volume et le pouvoir réfringent des mélanges liquides; par M. *Edm. van Aubel*... 210

— Sur la mesure de l'indice de réfraction des liquides au moyen du microscope; par M. *L. Décombe* 389

— Sur un nouveau réflectomètre; par M. *Ch. Féry* 691

— Sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement. Sources lumineuses en mouvement. Applications pratiques; par M. *Dussaud* 904

Voir *Arc, Dissolutions, Émission, Interférence, Magnétooptique, Météorologie, Philosophie naturelle, Phosphorescence, Photoélectricité, Pouvoir rotatoire, Rayonnement, Spectroscopie, Vision.*

Optique physiologique. — Conséquences de l'hypothèse d'Young. De la sensation du blanc binaire; par M. *A. Rosenstiehl* 235

— Conséquence de la théorie d'Young. De la construction chromatique dans l'espace; par M. *A. Rosenstiehl* 350

Voir *Photographie, Photométrie, Stéréoscopie.*

Organométalliques. — Sur l'émétique d'aniline; par M. *P. Yvon*.... 283

— Sur l'émétique d'arsenic et d'aniline; par M. *P. Yvon* 834

— Action de l'acide sulfosalicylique sur le phosphate trisodique; par M. *L. Barthe* 401

— Action du chlorure de thionyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes; par MM. *V. Grignard* et *L. Zorn* 1177

Voir *Cétones.*

Orthonectides. — Recherches expérimentales sur les phases initiales de l'infection d'une Ophiure (*Amphiura squamata*) par un Orthonectide (*Rhopalura ophiocomæ*); par MM. *Caullery* et *A. Lavallée* 1781

P

Pain. — Sur le rôle de la levure en boulangerie; par M. *L. Lindet* 802

PALÉONTOLOGIE.

— Un nouvel exemple de phénomènes de *convergence* chez des Ammonitidés; sur les origines du groupe de l'*Ammonites bicurvatus* Mich. (sous-genre *Saynella* Kil.) par M. *W. Kilian* 150

— Remarques sur le siphon des Ammonites et des Bélemnites; par M. *F. Granjean* 1150

— Sur les Nodules (*Septaria*) à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des *Ammonea*; par M. *Fournier* 1560

— Sur quelques Vertébrés fossiles du sud de la Tunisie; par M. *Marcellin Boule* 812

— Sur les Rhinocéridés de l'Oligocène d'Europe et leur filiation; par M. *Roman* 1558

Voir *Anthropologie.*

Paléontologie végétale. — Recherches sur les Diatomées des travertins déposés par les eaux minérales de Sainte-Marguerite (Puy-de-Dôme); par M. *Héribaud-Joseph*... 61

— Les Algues calcaires du groupe *Girvanella* et la formation des oolithes; par M. *L. Cayeux* 359

— Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne; par MM. *C.-Eg. Bertrand* et *F. Cornaille*. 1019

— Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou; par M. *R. Zeiller* 1488

Voir *Géologie.*

Parasites. — Sur un nouveau spirille du *Cercopithecus patas*; par MM. *A. Thiroux* et *W. Dufougeré* 132

Pages.

— Cnidosporidies des larves d'Ephémères; par MM. *L. Léger* et *Ed. Hesse* 411

— Sur l'adaptation des Nématodes parasites à la température des hôtes; par MM. *L. Jammes* et *E. Martin* .. 418

— Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique; par MM. *L. Nègre* et *J. Bridré* 1265

— Le *Plasmodiophora Brassica* Voronin, parasite du melon, du céleri et de l'oseille-épinard ; par M. *Ernest-F.-L. Marchand* 1348

— Sur une méthode de traitement contre la *Cochylis* et l'*Eudemis*; par MM. *J. Capus* et *J. Feytaud* 1351

Voir *Bactériologie, Champignons, Orthonectides, Pathologie.*

Parthénogenèse. — Sur l'existence et les conditions de la parthénogenèse chez *Dinophilus;* par M. *Paul de Beauchamp* 739

— L'embryogenèse complète provoquée chez les Amphibiens par piqûre de l'œuf vierge, larves parthénogénésiques de *Rana fusca;* par M. *E. Bataillon* 996

PATHOLOGIE.

— La fièvre de Malte en France; par MM. *Lagriffoul* et *Roger* 800

Voir *Bactériologie, Chirurgie, Médecine.*

Pathologie animale. — Etiologie de la congestion intestinale du cheval; par M. *H. Carré* 358

— Reproduction expérimentale du bouton d'Orient chez le chien. Origine canine possible de cette infection; par MM. *Charles Nicolle* et *L. Manceaux* 889

— De l'influence du régime sur la production de l'athérome spontané; par M. *Weinberg* 940

Voir *Cancer, Rayons X, Tuberculose, Vaccin.*

Pathologie végétale. — Quelques observations sur le *pied noir* de la Pomme de terre; par M. *Hegyi* 347

Voir *Parasites.*

Pages.

Pesanteur. — Sur l'intensité de la pesanteur et ses anomalies à Bordeaux et dans la région; par M. *E. Esclangon* 139

Voir *Balance de torsion.*

Pétrographie. — Sur l'existence à la Côte d'Ivoire d'une série pétrographique comparable à celle de la charnockite; par M. *A. Lacroix* 18

— Sur les roches basiques de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord), et leurs rapports avec les filons de pegmatite qui les traversent; par M. *Jacques de Lapparent* 930

Voir *Minéralogie.*

Philosophie naturelle. — Sur des principes de la Mécanique et sur leur applicabilité à des phénomènes qui semblent mettre en défaut certains d'entre eux; par M. *J. Boussinesq* 1639

— Sur la conservation de masses vraies, dans divers phénomènes, principalement lumineux, où apparaissent des masses fictives variables; par M. *J. Boussinesq* 1721

Phonographe. — Transformation en courbes des tracés du phonographe; par M. *Lioret* 1440

Phosphorescence. — Sur un nouveau moyen de restituer aux sulfures alcalino-terreux leurs propriétés phosphorescentes; par M. *D. Gernez.* 295

— Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures; par MM. *Henri* et *Jean Becquerel* et *H. Kamerlingh Onnes* 647

— Sur quelques composés organiques spontanément oxydables avec phosphorescence; par M. *Marcel Delépine* 876

— Nouveaux cas d'oxydabilité spontanée avec phosphorescence; par M. *Marcel Delépine* 1607

Photochimie. — Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions oxydantes. Combustion du cyanogène et de l'ammoniaque; synthèse de l'acide formique; par MM. *Daniel Berthelot* et *Henri Gaudechon* 1327

— Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la

Pages.

vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle; synthèse photochimique des composés quaternaires; par MM. *Daniel Berthelot* et *Henry Gaudechon* 1690

Voir *Ultraviolet*.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — Sur l'émission de charges électriques par les métaux alcalins; par M. *Louis Dunoyer* 335

— Sur les courbes de saturation dans l'effet photoélectrique de Hertz; par M. *Eugène Bloch* 1113

PHOTOGRAPHIE. — La photographie stéréoscopique en couleur et ses applications scientifiques; par MM. *L. Boutan* et *J. Feytaud* 1424

Voir *Radiographie*.

PHOTOMÉTRIE. — Sur le phénomène de Purkinje; par M. *Ch. Gallissot* 594

PHOTOMÉTRIE STELLAIRE. — L'éclat intrinsèque du ciel étoilé; par M. *Ch. Fabry* 272

PHYSIOLOGIE.

— L'addition latente et ses rapports avec le paramètre chronologique de l'excitabilité; par M. et Mme *L. Lapicque* 796

— Sur l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine; par MM. *V. Pachon* et *Em. Perrot* 1703

— L'association des sensations chez les animaux (la loi de récurrence); par M. *P. Hachet-Souplet* 238

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne; par MM. *A. Chauveau* et feu *Contejean*. 1478

— Élimination des déchets azotés dans l'acide de la sécrétion rénale, chez le sujet en état d'inanition. Rapport de cette élimination avec celle de l'eau, véhicule des excreta urinaires. Indépendance réciproque des deux phénomènes; par MM. *A. Chauveau* et feu *Contejean* 1647

Voir *Altitude, Anaphylaxie, Batraciens, Champignons, Électrolytes, Foie, Immunité, Mont Rose, Nerfs, Pathologie, Respiration, Sang, Venin, Voix*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur l'absorption du baryum par les plantes; par MM. *H. Colin* et *J. de Rufz* 1074

— L'éclairement optimum pour le développement des végétaux; par M. *Raoul Combes* 1701

Voir *Photochimie*.

PHYSIQUE.

Voir *Acoustique, Aérodynamique, Balance, Balance de torsion, Capillarité, Chronométrie, Chaleur, Diffusion, Élasticité, Électricité, Porosité, Optique*.

PHYSIQUE COSMIQUE. — Sur la déviabilité magnétique des rayons corpusculaires provenant du Soleil; par M. *Kr. Birkeland* 246

Voir *Aurore boréale, Comète de Halley*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — Voir *Pesanteur, Séismes, Sismologie, Volcans*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — Des fonctions données par leur valeur sur une partie de la frontière, et celle de leur dérivée normale sur le reste de la frontière. Développements correspondants; par M. *Marcel Brillouin* 461

— Questions de Physique mathématique comportant des conditions différentes sur diverses parties d'une même frontière; par M. *Marcel Brillouin* 611

— Sur l'équation des télégraphistes; par M. *H. Larose* 680

— *Errata* relatifs à cette Communication 894

— Sur deux suites de solutions de l'équation des télégraphistes; par M. *H. Larose* 1418

— Sur la propagation d'une discontinuité sur une ligne télégraphique munie d'un transmetteur; par M. *H. Larose* 1738

— Quelques propriétés des fonctions de Green; par M. *Hadamard* 1664

Voir *Élasticité*.

Pages.

Physique physiologique. — Effets physiologiques produits par un champ magnétique alternatif; par M. *Silvanus-P. Thompson* 991
— Observations au sujet de la Note de M. Silvanus-P. Thompson intitulée : « Effets physiologiques produits par un champ magnétique alternatif »; par M. *A. d'Arsonval* .. 992
Voir *Acoustique physiologique, Congrès, Optique physiologique, Radioactivité.*

Phytécologie. — Sur la présence de plantes alpines aux basses altitudes dans le Valais central; par M. *Léon Marret* 1069
Planètes. — Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris; par MM. *Jules Baillaud, J. Chatelu* et *Giacobini* 672
— Observations photographiques d'une petite planète; par M. *Jules Baillaud* 1734
— Sur la nouvelle méthode de photographie planétaire employée à l'Observatoire Lowell, à Flagstaff (Arizona); par M. *P. Lowell* 1026
Voir *Eros, Jupiter, Mars.*
Plis cachetés. — Ouverture d'un pli cacheté contenant une Note intitulée « De l'emploi de la lumière bleue artificielle pour le blanchiment des dents »; par M. *Pierre Rosenthal* 153
— Ouverture d'un pli cacheté renfermant une Note intitulée « Procédé de régénération de l'air vicié »; par M. *George-F. Jaubert* 1574
Poissons. — Sur les Poissons de la famille des Némichthyidés; par M. *Louis Roule* 352
— Sur le muscle tenseur de la choroïde des Téléostéens; par M. *E. Grynfeltt.* 420
Porosité. — Sur l'absorption des liquides par les substances poreuses; par M. *J.-H. Russenberger* 275
Pouvoir rotatoire. — Sur l'inégalité de propriétés des deux formes, droite et gauche, du silicotungstate de potassium et, en général, des cristaux doués du pouvoir rotatoire; par M. *H. Copaux* 475
— Sur le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de pinène; par M. *Gustave Tavon* 1428
Présure. — La caséification du lait cru par les présures du lait bouilli; par M. *C. Gerber* 1202
— Comparaison entre le mode d'action de certains sels retardateurs et des protéines du lait coagulable par la chaleur, sur la caséification par les présures du lait bouilli; par M. *C. Gerber* 1357
Psychologie animale. — De l'emploi du dressage comme moyen de recherche psychologique; par M. *P. Hachet-Souplet* 735
— Sur quelques tropismes; par M. *Rose.* 1543

R

Racines. — Sur les excrétions des racines; par MM. *Brocq-Rousseu* et *Edmond Gain* 1610
Radioactivité. — Sur le parcours des projections radioactives; par M. *Louis Wertenstein* 869
— Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium; par MM. *W. Duane* et *A. Laborde* 1421
— Sur le poids atomique de l'émanation du radium; par M. *A. Debierne* 1740
— Sur le polonium; par Mme *P. Curie* et M. *A. Debierne* 386
— Sur la radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium; par MM. *J. Chaudier* et *Ed. Chauvenet* 219
— Sur les rayons du potassium; par M. *E. Henriot* 1750
— Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intra-veineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications; par MM. *H. Dominici, G. Petit* et *A. Jaboin* 726
Voir *Hydrologie, Ions, Photoélectricité.*
Radiographie. — Posologie en radio-

Pages.

graphie médicale avec ou sans écran renforçateur; par M. *H. Guilleminot* 1623

Rapport. — Rapport sur le « Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides », présenté par M. *Gabriel Kœnigs* dans la séance du 3 janvier 1910; par M. *Gaston Darboux* 441

Voir *Cinématique*.

Rayonnement. — Sur la constante de la loi de Stefan et le rayonnement du platine; par MM. *Edmond Bauer* et *Marcel Moulin* 167

Voir *Émission, Soleil*.

Rayons cathodiques. — Sur une nouvelle circonstance de formation de rayons cathodiques; par M. *Louis Dunoyer* 970

— Sur la formation des dépôts cathodiques; par M. *L. Houllevigue* 1683

Voir *Décharges, Électron*.

Rayons X. — Sur le radiochroïsme des corps organiques vis-à-vis des rayons α, β, γ du radium et des rayons X; par M. *Guilleminot* 332

— Immunisation, contre le cancer, de la souris inoculée avec des tumeurs modifiées par les rayons X; par M. *A. Contamin* 128

Pages.

— Résorption des tumeurs expérimentales de la souris sous l'influence des rayons X (étude histologique); par M. *A. Contamin* 1537

Voir *Cancer*.

Reptiles. — Voir *Anatomie, Immunité, Muscles, Venin*.

Résistance de l'air. — Sur une modification de la résistance de l'air produite par des rugosités convenablement disposées sur la surface d'un corps; par M. *A. Lafay* 1312

Respiration. — Étude expérimentale des combustions intraorganiques chez les animaux respirant de l'air progressivement appauvri en oxygène et des procédés de défense naturels de l'organisme contre l'anoxyhémie; par M. *J. Tissot* 719

— M. *Carpentier* présente à l'Académie un « appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré » 1490

— Remarques au sujet de la présentation, par M. *Carpentier*, d'un « appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré »; par M. *Bouchard* 1491

Voir *Air*.

S

Sang. — Étude médico-légale de la réaction à la benzidine dans la détermination des taches de sang; par M. *F. Bordas* 562

— Du rôle de la paroi artérielle dans la mesure de la pression artérielle en clinique; par M. *A. Moutier* 1138

— Sur la fibrine du sang; par M. *C. Gessard* 1771

Voir *Chimie physiologique, Circulation*.

Séismes. — Rôle des dislocations les plus récentes (post-tortoniennes) lors du séisme du 11 juin 1909: par M. *J. Bepelin* 809

— Tremblement de terre du 22 janvier 1910; par M. *Alfred Angot* 248

— Enregistrement d'un tremblement de terre le 22 janvier 1910 à l'Observatoire du Puy-de-Dôme; par M. *Bernard Brunhes* 249

— Tremblement de terre du 24 juin 1910; par M. *Alfred Angot* 1783

— Sur la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre d'après les données d'une seule station sismique; par *B. Galitzine* 642

— Sur la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre, d'après les données d'une seule station sismique; par M. *B. Galitzine* 816

Séries. — Sur une paire de séries de Fourier conjuguées; par M. *Léopold Fejér* 518

— Sur les sommes partielles de la série de Fourier; par M. *Léopold Fejér* 1299

— Sur les séries de Dirichlet; par M. *Mi-*

Pages.

chel Fekete 1033
— Sur les séries de Taylor à coefficients récurrents; par M. *S. Lattès* 1413
— Sur la transformation des séries asymptotiques en séries de polynomes tayloriens convergentes; par M. *A. Buhl* 1583
Sérothérapie. — Sérothérapie de la fièvre typhoïde; résultats cliniques; par MM. *A. Rodet* et *Lagriffoul* 741
Sérums. — Voir *Anaphylaxie, Électrolytes.*
Sismologie. — Sismographe à colonne liquide; par M. *G. Lippmann* 363
— Sur le barographe considéré comme sismoscope enregistreur ; par M. *de Montessus de Ballore* 486
— Sur un nouveau type de sismographe pour la composante verticale; par M. *B. Galitzine* 1727
Voir *Mécanique appliquée, Mémoires lus, Séismes.*
Soleil. — Sur la répartition des raies ultimes dans le spectre des diverses régions du Soleil; par M. *A. de Gramont* 37
— *Errata* relatifs à cette Communication 430
— Orage magnétique du 25 septembre 1909 et phénomènes solaires connexes. Vérification des théories proposées; par M. *H. Deslandres* 65
— Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire; par M. *H. Deslandres* 1007
— *Errata* relatifs à cette Communication 1378
— Sur un filament extraordinaire; par MM. *H. Deslandres, L. d'Azambuja* et *V. Burson* 1635
— Sur l'éclat intrinsèque du Soleil; par M. *Charles Nordmann* 448
— Remarques sur la Communication précédente; par M. *Charles Nordmann* 831
— Sur l'éclat du Soleil et la constante solaire; par MM. *Edmond Bauer* et *Marcel Moulin* 1658
— Observations du Soleil faites pendant le troisième trimestre de 1909; par M. *J. Guillaume* 592
— Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de 1909; par M. *J. Guillaume* 765
Voir *Physique cosmique.*
Solennités scientifiques. — M. le Recteur et le Sénat de l'*Université de Berlin* invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes jubilaires de son premier centenaire en octobre 1910 198
— M. le Secrétaire de l'*Aéro-Club de France* adresse une réplique de la médaille offerte à M. *Cailletet* pour son jubilé académique 301
— M. le Président de l'*Œuvre du monument Horace Wells-Paul Bert* invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration, le 27 mars à Paris .. 758
— M. *Dastre* est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie .. 758
Voir *Académie.*
Spectroscopie. — Prismes à faces courbes applicables à la spectroscopie; par M. *Ch. Féry* 216
— Sur le spectre de flamme à haute température du fer; par MM. *G.-A. Hemsalech* et *C. de Watteville* 329
— Prolongement du spectre de bandes de l'azote dans le rouge extrême et l'infra-rouge; par M. *F. Croze* 860
— Prolongement des spectres de bandes des gaz carbonés dans le rouge extrême et l'infra-rouge; par M. *F. Croze* 1672
— Sur certaines conditions d'apparition du spectre de bandes attribué au cyanogène; par MM. *A. de Gramont* et *Drecq* 1235
— Sur la structure des raies spectrales; par M. *Georges Meslin* 1315
— Sur quelques propriétés électriques et spectroscopiques de l'arc entre métaux; par MM. *Ch. Fabry* et *H. Buisson* 1674
Voir *Métaux rares, Soleil.*
Spectroscopie stellaire. — Sur la répartition des raies ultimes dans les spectres stellaires; par M. *A. de Gramont* 154
— L'organisation de la spectroscopie stellaire à l'Observatoire de Paris; par M. *Maurice Hamy* 572
Voir *Comètes.*
Spores. — Recherches expérimentales sur la vie latente des spores des Mucorinées et des Ascomycètes; par

Pages.
M. *Paul Becquerel* 1437
Stéréoscopie. — Images changeantes à deux et trois aspects sur plaque autostéréoscopique; par M. *E. Estanave*..... 93
— Obtention simultanée du relief stéréoscopique et de l'aspect changeant dans l'image photographique; par M. *E. Estanave* 683
Stérilisation. — Stérilisation des liquides par les radiations de très courte longueur d'onde. Résultats obtenus; par M. *Billon-Daguerre*... 479
— Sur la stérilisation de l'eau par l'ultraviolet; par MM. *Ed. Urbain, Cl. Scal* et *A. Feiges* 548
— Stérilisation de grandes quantités d'eau au moyen des rayons ultraviolets; par M. *Gabriel Vallet*..... 1076
— L'eau stérilisée par les rayons ultraviolets contient-elle de l'eau oxygénée? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée; par MM. *Jules Courmont, Th. Nogier* et *Rochaix*..... 1453
Voir *Ultraviolet*.
Sucres. — Sur la séparation du saccharose et du lactose par le ferment bulgare; par M. *L. Margaillan*..... 45
— Le vicianose, nouveau sucre réducteur en C^{11}; par MM. *Gabriel Bertrand* et *G. Weisweiller* 180
— Sur l'isolement d'un sucre biose dérivant de l'amygdaline; par M. *Jean Giaja* 793
— Sur l'aloïnose ou sucre d'aloïne; par M. *E. Léger* 983
— Sur l'aloïnose cristallisé; son identité avec l'arabinose-*d*; par M. *E. Léger*. 1695
Voir *Cristallisation*.
Syphilis. — Considérations générales sur l'évolution du tréponème pâle dans l'organisme humain; par M. *Hallopeau* 1354

T

Télémécanique sans fil. — Sur les résultats obtenus dans la torpille radioautomatique par un nouveau télécommutateur et radiocombinateur; par M. *G. Gabet* 525
Télégraphie. — Voir *Physique mathématique*.
Télégraphie sans fil. — Sur les signaux horaires destinés aux marins; par M. *H. Poincaré* 1471
Voir *Chronomètre, Electrolytes, Ondes, Ondes hertziennes*.
Terres rares. — Sur l'analyse magnétochimique des terres rares; par M. *G. Urbain* 913
Théorie des nombres. — Sur le dernier théorème de Fermat; par M. *D. Mirimanoff* 204
— Sur le classement d'un système de Tableaux équivalents entre eux; par M. *A. Chatelet* 1502
Thérapeutique. — Voir *Hydrologie*.
Thermochimie. — Détermination des quantités de chaleur dégagées lors de l'addition du brome à quelques substances non saturées; par M. *W. Louguinine*..... 915
— Chaleur de fixation de l'acide bromhydrique et de quelques composés éthyléniques; paz MM. *W. Louguinine* et *G. Dupont* 1346
— Chaleur de formation du peroxyde de cæsium; par M. *de Forcrand* 1399
Thiols. — Sur la formation et le dédoublement des thiols; synthèse des sulfures neutres alcooliques; par MM. *Paul Sabatier* et *A. Mailhe* ... 1569
Toxique. — Toxicité de l'arsenic métalloïdique; par M. *Lecoq*..... 887
Trigonométrie. — Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales; par M. *H. Andoyer* 591
Trypanosomes. — Voir *Ultraviolet*.
Tuberculose. — Des propriétés physiologiques des extraits du bacille de Koch condensés et sensibilisés; par MM. *H. Vallée* et *L. Guinard* 1140
— Bacilles de Koch. Milieux aux glycérophosphates. Doses maxima de fer et de manganèse; par M. *G. Baudran* 1200

U

Pages.

Ultraviolet. — Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes; par Mlle *P. Cernovodeanu* et M. *Victor Henri* 52
— Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultraviolets; par Mlle *Cernovodeanu* et M. *Victor Henri* 549
— Action des rayons ultraviolets sur les microorganismes et sur différentes cellules. Étude microchimique; par Mlle *Cernovodeanu* et M. *Victor Henri* 729
— Sur les effets chimiques et biologiques des rayons ultraviolets; par M. *Maurice Lombard* 227
— Action des rayons ultraviolets sur le vin en fermentation; par MM. *Maurain* et *Warcollier* 343
— Pénétration et action bactéricide des rayons ultraviolets par rapport à la constitution chimique des milieux; par M. *Gabriel Vallet* 632
— Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes; par MM. *H. Bordier* et *R. Horand* 634
— Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes; par MM. *H. Bordier* et *R. Horand* 886
— Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets; par MM. *Victor Henri, André Helbronner* et *Max de Recklinghausen* .. 932
— Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions de polymérisation; par MM. *Daniel Berthelot* et *Henri Gaudechon* 1169
— Effets oxydants des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Peroxydation des composés oxygénés de l'azote et du soufre; par M. *Daniel Berthelot* et *Henri Gaudechon* 1517
Voir *Photochimie, Stérilisation.*

V

Vaccin. — Sur l'immunisation active de l'homme contre la fièvre typhoïde. Nouveau vaccin antityphique; par M. *H. Vincent* 482
Vapeur. — Sur la façon d'évaluer la température de la vapeur surchauffée; par M. *J.-B. Fournier* 521
Variations. — Sur une forme nouvelle de Nigelle, *Nigella damascena polycephala*, obtenue après une mutilation; par M. *L. Blaringhem* 406
— Sur une variété instable de Nigelle, *Nigella damascena cristata*, obtenue après une mutilation; par M. *L. Blaringhem* 785
Voir *Mutations. Oiseaux.*
Venin. — Études sur le venin de cobra et le sérum antivenimeux; par Mlle *Boleslawa Stawska* 1539
Voir *Immunité, Batraciens.*
Vers. — Enkystement de protection d'une Némerte d'eau douce (*Prostoma lumbricoïdeum* Dugès); par M. *Paul Hallez* 481
— Pontes d'été et pontes d'hiver d'une Némerte d'eau douce (*Prostoma lumbricoïdeum* Dugès); par M. *Paul Hallez* 556
Voir *Parasites.*
Vigne. — Recherches sur l'influence spécifique réciproque du sujet et du greffon chez la vigne; par M. *L. Ravaz* 712
— L'arséniate de plomb en viticulture; par MM. *L. Moreau* et *E. Vinet* 787
— Sur un nouveau mode de traitement contre le mildew, au moyen de l'oxychlorure de cuivre; par M. *E. Chuard* 839
— Sur la culture du *Ræsleria* de la vigne; par MM. *P. Viala* et *P. Pacottet* 1770
Vin. — Sur la présence du bore dans les vins d'Algérie; par M. *Dugast* ... 838
— Remarque à l'occasion d'une Note de M. *Dugast* intitulée : « Sur la présence du bore dans les vins d'Algérie »; par M. *Bertainchand* 894

Pages.

— Sur la recherche de l'hexaméthylènetétramine dans les moûts et les vins; par M. *E. Voisenet* 879

— Formation d'acroléine dans la maladie de l'amertume des vins; par M. *E. Voisenet* 1614

Voir *Archéologie, Ultraviolet.*

VISION. — Sur une solution du problème de la vision à distance; par M. *H.-C.* *Saint-René* 446

VOIX. — La photographie de la voix dans la pratique médicale; par M. *Marage* 232

— Développement de l'énergie de la voix; par M. *Marage* 1193

VOLCANS. — Sur l'éruption de l'Etna du 28 mars 1910; par M. *A. Riccò* 1078

Voir *Chimie inorganique, Eau.*

Z

ZOOLOGIE.

Voir *Amphibiens, Anatomie, Batraciens, Biologie, Crustacés, Cœur, Inondation, Insectes, Mollusques, Muséum d'Histoire naturelle, Océanographie, Oiseaux, Orthonectides. Parasites, Poissons, Psychologie animale, Vers.*

TABLE DES AUTEURS.

A

MM. Pages.

ABÉLOUS (J.-E.) et BARDIER (E.). — Influence de la saignée sur la résistance des animaux à l'urohypotensine 1440

ABRAHAM (H.) et VILLARD (P.). — Sur l'existence de deux potentiels explosifs 1286

— *Errata* relatifs à cette Communication..... 1714

AGASSIZ (ALEXANDRE). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 847

AGULHON (H.). — Emploi du bore comme engrais catalytique..... 288

— Influence de la réaction du milieu sur la formation des mélanines par oxydation diastasique..... 1066

ALBERT DE MONACO (S. A. S. LE PRINCE) fait hommage à l'Académie du n° 162 du « Bulletin de l'Institut océanographique »..... 757

— Présente à l'Académie les 18e et 19e feuilles de la « Carte générale des gisements de coquillages comestibles des côtes de France », dressées par M. *L. Joubin*..... 1572

ALBRECHT (C.-Th.) est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Augustin Normand*, décédé. 758

AMAGAT (E.-H.) est élu membre de Commission chargée de juger les Concours des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367

ANDOYER (H.). — Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales... 591

— Est présenté en première ligne à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de Membre titulaire vacante dans la Section d'Astronomie du Bureau des Longitudes.... 1025

ANDRÉ (CH.). — Sur la comète de Johannesburg 193

— Sur l'effet produit lors des orages par les tirs grêlifuges..... 1023

MM. Pages.

— Sur le passage de la Terre dans la comète de Halley..... 1295

ANDRÉ (G.). — Sur le développement d'une plante bulbeuse. Variations du poids de la matière sèche..... 545

— Sur le développement d'une plante bulbeuse. Variation des poids de l'azote et des matières minérales... 713

ANGOT (ALFRED). — Sur la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1910..... 138

— Tremblement de terre du 22 janvier 1910..... 248

— Sur la variation séculaire des éléments magnétiques dans la région de Paris. 568

— Variations magnétiques et électriques dans la nuit du 18 au 19 mai 1910.. 1371

— Tremblement de terre du 24 juin 1910. 1783

— Prie l'Académie de le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 369

— Est présenté en seconde ligne comme candidat à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par suite du décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 645

ANTHONY (R.) et BOULE (MARCELLIN). — L'encéphale de l'Homme fossile de La Chapelle-aux-Saints.. 1458

APPELL est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours du Grand Prix des Sciences mathématiques, du prix Francœur, du prix Poncelet pour l'année 1910.... 366

— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Bordin pour l'année 1913.. 366

— De prix Vaillant pour l'année 1913.. 508

ARAGO (F.) prie l'Académie de le compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et Navigation, par le

MM. Pages.
décès de M. M. *Bouquet de la Grye*. 262
— Est présenté en seconde ligne comme candidat à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par suite du décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 646
ARCTOWSKI (Henryk). — Sur les anomalies de la répartition de la pression atmosphérique aux Etats-Unis..... 753
ARNAUD (A.) et POSTERNAK (S.). — Sur l'hydrogénation partielle des acides de la série stéarolique et sur l'isomérie de leurs dérivés monoiodhydriques 1130
— Sur deux nouveaux isomères de l'acide stéarolique..... 1245
— Sur l'isomération de l'acide oléique par déplacement de la double liaison. 1525
ARNOULT (J.). — Sur le mouvement d'un fil dans l'espace..... 1592
ARNOUX (René). — L'équilibre longitudinal et la courbure des surfaces portantes des aéroplanes..... 854
ARSANDAUX (H.). — Nouvelle contribution à l'étude des latérites..... 1698
ARSONVAL (d'). — Observations au sujet de la Note de M. Silvanus-P. Thompson intitulée : « Effets physiologiques produits par un champ magnétique alternatif »..... 992
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dugaste pour l'année 1910.. 445
— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat pour l'année 1910..... 445
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913.. 445
AUGER (V.). — Sur les mangani-manganates alcalins..... 470
AUSTERWEIL (G.) et COCHIN (G.).— Sur quelques relations entre la constitution moléculaire et l'odeur. 1693
AUTONNE (Léon). — Sur les groupes commutatifs de quantités hypercomplexes..... 1581
AZAMBUJA (L. d'), DESLANDRES (H.) et BERNARD (A.). — Premières observations de la comète Drake à l'Observatoire de Meudon. 253
AZAMBUJA (L. d'), DESLANDRES (H.) et BURSON (V.). — Sur un filament extraordinaire..... 1635

B

BACKE (A.). — Sur un nouveau composé contenu dans les produits alimentaires..... 540
BAEYER (Adolf von) est élu Associé étranger..... 262
BAILLAUD (B.). — Carte photographique du Ciel. Présentation des procès-verbaux du dernier Congrès. 256
— Présente, au nom de M. *Cosserat*, le Tome VI des « Annales de l'Observatoire de Toulouse »..... 366
— Fait connaître les derniers renseignements reçus concernant des observations de la comète de Halley à l'Observatoire Lick et à Johannesburg. 1285
— Est élu Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *A. Agassiz*..... 1491
— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910..... 367
— Est désigné pour représenter l'Académie à l'Assemblée générale de l'*Association internationale des Académies*, à Rome, en mai 1910..... 896
BAILLAUD (Jules). — Observations photographiques d'une petite planète 1734
BAILLAUD (J.) et BOINOT (A.). — Changements survenus dans le noyau de la comète de Halley..... 1579
BAILLAUD (J.), CHATELU (J.) et GIACOBINI. — Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris..... 672
BAILLAUD (J.) et DEMETRESCO (G.). — Observations photographiques

MM. Pages.
de la comète de Halley à l'Observatoire de Paris..... 1409
BARBE (Albert) adresse un « Projet de bulle de sauvetage pour équipage de sous-marins »..... 644
BARDIER (E.) et ABÉLOUS (J.-E.). — Influence de la saignée sur la résistance des animaux à l'urohypotensine 1439
BARRE. — Sur la solubilité du sulfate d'argent dans les sulfates alcalins.. 1321
— Sur quelques sulfates doubles de thorium..... 1599
BARRÉ (E.). — Sur une série de solutions des équations de l'élasticité de Lamé dans un milieu homogène et isotrope..... 1509
BARTHE (L.). — Action de l'acide sulfosalicylique sur le phosphate trisodique 401
BASSOT présente à l'Académie le Tome XII des « Annales de l'Observatoire de Nice»..... 1471
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours du Prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumay pour l'année 1910. 367
— Des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910..... 367
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913..... 367
BATAILLON (E.). — L'embryogenèse complète provoquée chez les Amphibiens par piqûre de l'œuf vierge, larves parthénogénésiques de *Rana fusca* 996
BAUBIGNY (H.). — Séparation et purification des dithionates produits dans la décomposition du sulfite d'argent ou de ses sels doubles..... 466
— Sur la constitution des dithionates et des sulfites..... 973
BAUD (E.). — Cryoscopie en solutions concentrées..... 528
BAUD (E.) et GAY (L.). — Températures de cristallisation des mélanges binaires..... 1687
BAUDRAN (G.). — Bacilles de Koch. Milieux aux glycérophosphates. Doses maxima de fer et de manganèse 1200
BAUER (Edmond). — Sur l'émission des gaz..... 1747
BAUER (Ed.) et MOULIN (Marcel). — Sur la constante de la loi de Stefan et le rayonnement du platine..... 167
— Sur l'éclat du Soleil et la constante solaire 1658
BAUER (Édouard) et HALLER (A.). — Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium..... 582
— Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium. Dédoublement des hexaalcoylacétones 661
— Préparation et propriétés des 2-hydrindones-3-dialcoylées ou indanones-1-dialcoylées-2.2..... 1472
BEAUCHAMP (Paul de). — Sur l'existence et les conditions de la parthénogenèse chez *Dinophilus*..... 739
BEAUVERIE (J.). — L'Ambrosia du *Tomicus dispar*..... 1071
BECQUEREL (Henri), BECQUEREL (Jean) et KAMERLINGH-ONNES (H.). — Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures 647
BECQUEREL (Paul). — Recherches expérimentales sur la vie latente des spores des Mucorinées et des Ascomycètes 1437
BÉHAL (A.). — Sur un nouveau menthol tertiaire; passage du pinène au menthène..... 1762
BENEDEN (Édouard van). — Sa mort est annoncée à l'Académie... 1094
BERG (A.). — Action de l'oxyde d'argent sur l'élatérine..... 981
BERNARD (A.), DESLANDRES (H.) et AZAMBUJA (L. d'). — Premières observations de la comète Drake à l'Observatoire de Meudon. 253
BERNARD (A.) et IDRAC (P.). — Deuxième série de recherches sur la comète de Halley et son spectre à l'Observatoire de Meudon..... 1161
BERNSTEIN (Serge). — Conditions nécessaires et suffisantes pour la possibilité du problème de Dirichlet. 514
BERTAINCHAND. — Remarque à l'occasion d'une Note de M. *Dugast* sur la présence du bore dans les vins d'Algérie 894

MM. Pages.

BERTHAULT (Pierre). — Sur les types sauvages de la Pomme de terre cultivée..... 47

BERTHEAUME (J.). — Chloroplatinates et periodures de di- et de triméthylamine; critique de leur emploi pour la séparation de ces bases..... 1063

— Sur une nouvelle méthode de dosage des trois méthylamines et de l'ammoniaque mélangées..... 1251

BERTHELOT (Daniel) et GAUDECHON (Henri). — Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions de polymérisation..... 1169

— Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions oxydantes. Combustion du cyanogène et de l'ammoniaque; synthèse de l'acide formique..... 1327

— Effets oxydants des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Peroxydation des composés oxygénés de l'azote et du soufre..... 1517

— Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle; synthèse photochimique des composés quaternaires.. 1690

BERTIN (L.-E.) est désigné pour représenter l'Académie à l'Assemblée générale de la Ligue maritime française, en avril 1910, à la Sorbonne.. 849

— Est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime*, à Londres, le 5 juillet 1910..... 896

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Prix extraordinaire de la Marine et du prix Plumey pour l'année 1910. 367

— Des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910..... 367

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913..... 367

BERTRAND (C.-Eg.) et CORNAILLE (F.). — Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne.... 1019

BERTRAND (Gabriel) et HOLDERER (M.). — Nouvelles observations sur l'individualité de la cellase..... 230

BERTRAND (Gabriel) et ROSENBLATT (M.). — Sur la température mortelle des tyrosinases végétales..... 1142

BERTRAND (Gabriel) et WEISWEILLER (G.). — Le vicianose, nouveau sucre réducteur en C^{11}... 180

BESREDKA (A.). — Moyen d'éviter les accidents anaphylactiques..... 1456

BESSON (A.) et FOURNIER (L.). — Sur un nouveau chlorure de phosphore..... 102

— Réduction des chlorures de bore et d'arsenic par l'hydrogène sous l'influence de l'effluve électrique..... 872

— Action de l'effluve sur le chloroforme et le tétrachlorure de carbone en présence de l'hydrogène, ainsi que sur le chlorure de méthyle.... 1118

— Action de l'effluve sur l'aldéhyde éthylique en présence de l'hydrogène..... 1238

— Action de l'hydrogène sur le chlorure de soufre et sur le chlorure de thionyle, sous l'influence de l'effluve électrique..... 1752

BESSON (Louis). — Sur une sorte d'arc-en-ciel blanc, observé à Paris. 426

BEYS (C.). — Sur le dosage de l'acide tartrique dans les matières premières naturelles..... 1250

BIELECKI (Jean). — Sur la variabilité du pouvoir protéolytique de la bactéridie charbonneuse..... 1548

BIÉLER-CHATELAN. — Dosage de la potasse assimilable dans les sols. 716

— Un effet du drainage..... 884

— Rôle des micas dans la terre arable.. 1132

BIERRY (H.). — Recherches sur la digestion de l'inuline..... 116

BIERRY (H.) et RANC (Albert). — Sur le dédoublement diastasique des dérivés du lactose..... 1366

BIGOURDAN (G.) présente, de la part de M. *Iñiguez*, des photographies de la comète de Halley..... 1212

— Communique une dépêche où M. *Eginitis* résume des observations faites à Athènes, sur la comète de Halley. 1285

— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des

MM. Pages.
prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910 367
BILLON-DAGUERRE. — Stérilisation des liquides par les radiations de très courte longueur d'onde. Résultats obtenus 479
BIQUARD. — Sur un procédé de mesure du coefficient de conductibilité thermique des corps peu conducteurs 268
BIRKELAND (Kr.). — Sur la déviabilité des rayons corpusculaires provenant du Soleil..... 246
BIRKELAND (Richard). — Sur des intégrales irrégulières des équations différentielles linéaires..... 321
BLANC (G.) et THORPE (J.-F.). — Sur le produit de la méthylation de l'éther dicétoapocamphorique de M. *G. Komppa*..... 1126
BLARINGHEM (L.). — Sur une forme nouvelle de Nigelle, *Nigella damascena polycephala*, obtenue après une mutilation..... 1106
— Sur une variété instable de Nigelle, *Nigella damascena cristata*, obtenue après une mutilation..... 785
BLARINGHEM (L.) et VIGUIER (Paul). — Une nouvelle espèce de Bourse-à-Pasteur : *Capsella Viguieri* Blar., née par mutation.. 988
BLASERNA (P). adresse d'Italie une dépêche exprimant les regrets qu'inspire aux Membres de la Conférence internationale des Poids et Mesures la mort de M. *Bouquet de la Grye*..... 24
— Annonce à l'Académie qu'en 1910 la réunion de l'Association internationale des Académies se tiendra à Rome du 9 au 15 mai..... 668
— Est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de Lord *Rayleigh*, élu Associé étranger 1221
BLOCH (Eugène). — Sur les courbes de saturation dans l'effet photoélectrique de Hertz..... 1113
BLOCH (L.). — Actions chimiques et ionisation par barbotage..... 694
— Ionisation par pulvérisation des liquides 967
BLONDEL (A.). — Sur l'équation fonctionnelle linéaire..... 957
— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Toulouse, à l'équatorial Brunner-Henry de $0^m,38$ d'ouverture..... 1299
BLONDEL (M.), OBIEDOFF et URBAIN (G.). — Extraction du germanium des blendes..... 1758
BOERLAGE (G.-D.) adresse un « Essai sur le vol à vortex »..... 1713
BODROUX (F.) et TABOURY (F.). — Synthèses effectuées avec le cyanure de benzyle..... 531
— Synthèse de nitriles aromatiques... 1241
BOINOT (A.) et BAILLAUD (J.). — Changements survenus dans le noyau de la comète de Halley..... 1579
BONAPARTE (le Prince Roland) est désigné pour faire partie de la Commission de la Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1000000}$..... 300
— Est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime* à Londres, le 5 juillet 1910..... 896
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les concours : des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910..... 367
— Des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
— Du prix Montyon (Statistique) pour l'année 1910 445
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913..... 367
BONGRAND (J.-Ch.) et MOUREU (Ch.). — Sous-azoture de carbone C^4N^2..... 225
BONNAL (Georges) adresse un Mémoire intitulée « La réaction de densité »..... 819
BONNET (P. et N.). — Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique aux environs de Djoulfa (Transcaucasie méridionale) 746
BONNEROT (S.) et CHARPY (G.). — Sur la cémentation du fer par le carbone solide..... 173
BONNIER est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-

MM. Pages.

Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368

BORDAS (F.). — Étude médico-légale de la réaction à la benzidine dans la détermination des taches de sang. 562

BORDAS (F.) et TOUPLAIN. — Contribution à l'étude des réactions dues à l'état colloïdal du lait cru... 341

BORDAS (L.). — Considérations générales sur les tubes de Malpighi des larves de Lépidoptères..... 737

BORDIER (H.) et HORAND (R.). — Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes..... 634

— Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes..... 886

BOREL (Emile). — Sur la définition de l'intégrale définie..... 375

— Sur une condition générale d'intégrabilité..... 508

BORNET fait hommage à l'Académie d'une « Collection de dessins publiés ou inédits », par *Alfred Riocreux*, et d'un Ouvrage intitulé : « Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames », par *Gustave Thuret*..... 22

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368

— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910..... 445

— Du prix Jérôme Ponti pour l'année 1910..... 507

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913..... 508

BORRELLY. — Observations de la comète 1910 *a* faites à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes de $0^m,16$ d'ouverture libre. 304

— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille au chercheur de comètes de $0^m,16$ d'ouverture libre..... 374

— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes..... 1225

BOSSCHA (Jean) est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Crova*..... 1161

BOUCHARD (Ch.), Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1909..... 13

— Remarques au sujet de la Communication de M. *Carpentier* sur un « appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré ». 1491

— Remarques au sujet de la présentation faite par M. Dastre de la Note de M. *Nicloux* intitulée « Sur les produits de décomposition du chloroforme dans l'organisme »..... 1780

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910.. 445

— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat pour l'année 1910..... 445

— Du prix Lonchampt pour l'année 1910..... 445

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913.. 445

BOUDOUARD (O.). — Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires..... 696

BOUGAULT (J.). — Action de l'acide hypoiodeux naissant sur les acides non saturés. Acide α-cyclogéranique. 397

— Sur l'acide α-cyclogéranique..... 534

— Sur les éthylides des Conifères. Acides junipérique et sabinique..... 871

BOULAD (Farid). — Sur la disjonction des variables des équations nomographiques rationnelles d'ordre supérieur..... 379

BOULE (Marcellin). — Sur quelques Vertébrés fossiles du sud de la Tunisie..... 812

BOULE (Marcellin) et ANTHONY (R.). — L'encéphale de l'Homme fossile de La Chapelle-aux-Saints.. 1458

BOULET (Vital). — Sur les mycorhizes endotrophes de quelques arbres fruitiers..... 1190

MM. Pages.

BOUNHIOL (J.-P.). — Sur le régime thermique de la Méditerranée littorale algérienne..... 1197

BOURGEOIS (le Colonel) prie l'Académie de le compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 262

— Est présenté en seconde ligne comme candidat à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par suite du décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 646

BOURGET (H.). — Observations faites, à l'Observatoire de Marseille, de la comète Drake 1910 *a*..... 200

BOURLET (Carlol). — Sur la résistance de l'air..... 382

BOURQUELOT (Em.) et BRIDEL (M.). — Sur la présence de la gentiopicrine dans la Chlore perfoliée (*Chlora perfoliata* L.)..... 114

BOUSSAC (Jean). — Le Nummulitique de la zone du Flysch à l'est et au sud-est du Mercantour..... 57

— Interprétation tectonique du Flysch dit *autochtone* de la Suisse centrale et orientale..... 1148

— Distribution des niveaux et des facies dans le Nummulitique dit *autochtone* de la Suisse orientale..... 1272

— Nummulitique helvétique et Nummulitique préalpin dans la Suisse centrale et orientale..... 1555

BOUSSINESQ (J.). — Sur la manière dont le potentiel des vitesses, dans le problème des ondes par émersion, dépend de l'état initial..... 491

— Intégration des équations des ondes d'émersion, par la formule de Mac-Laurin, en séries toujours convergentes, pour un canal profond sans extrémités et pour un bassin indéfini en tous sens..... 577

— Propagation verticale, aux grandes profondeurs, du mouvement des ondes par émersion dans les cas d'un canal ou d'un bassin horizontalement indéfinis..... 655

— Sur les principes de la Mécanique et sur leur applicabilité à des phénomènes qui semblent mettre en défaut certains d'entre eux..... 1639

MM. Pages.

— Sur la conservation des masses vraies dans divers phénomènes, principalement lumineux, où apparaissent des masses fictives variables..... 1721

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, du prix Francœur, du prix Poncelet pour l'année 1910..... 366

— Des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367

— Du prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910. 367

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Bordin pour l'année 1913.. 366

BOUTAN (L.) et FEYTAUD (J.). — La photographie stéréoscopique en couleur et ses applications scientifiques..... 1424

BOUTY (E.). — La cohésion diélectrique du néon..... 149

— Remarques au sujet d'une Note de M. *H. Ollivier* intitulée « Réaimantation spontanée du fer »..... 1054

— Cohésion diélectrique du néon et de ses mélanges. Analyse quantitative fondée sur la mesure de la cohésion diélectrique..... 1380

— *Errata* relatifs à cette Communication. 1790

— Nouvelle mesure de la cohésion diélectrique dans l'argon..... 1643

— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367

BOUVIER. — Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445

— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910..... 445

— Du prix Jérôme Ponti pour l'année 1910..... 507

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913..... 508

BOYER (G.). — Étude sur la biologie de la truffe mélanospore (*Tuber melanosporum* Vitt)..... 1253

BRATU (G.). — Sur certaines équations intégrales non linéaires..... 896

MM. Pages.

BRIDEL (M.) et BOURQUELOT (Em.). — Sur la présence de la gentiopicrine dans la Chlore perfoliée (*Chlora perfoliata* L.) 114
BRIDRÉ (J.) et NÈGRE (L.). — Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique 998
— Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique 1265
BRILLOUIN (Marcel). — Des fonctions données par leur valeur sur une partie de la frontière, et celle de leur dérivée normale sur le reste de la frontière. Développements correspondants 461
— Questions de Physique mathématique comportant des conditions différentes sur diverses parties d'une même frontière 611
BRINER (E.) et WROCZYNSKI (A.). — *Errata* relatifs à une Communication du 27 décembre 1909 intitulée : « Réactions chimiques dans les gaz soumis aux pressions très élevées; décomposition de l'oxyde d'azote; formation du chlorure de nitrosyle » 294
— Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression. 1324
— *Errata* relatifs à cette Communication 1714
BRIOT (A.). — Propriétés du sérum des lapins séro-anaphylactisés 638
— *Errata* relatifs à cette Communication 822
BRIZARD et BROGLIE (de). — Ionisation par barbotage et actions chimiques 969
BROCHET (André). — Nouvelles déterminations de la radioactivité des eaux thermales de Plombières. 145
— Radioactivité de quelques sources sauvages des Vosges 291
— Relation entre la radioactivité et la richesse en extrait sec des eaux thermales de Plombières 423
BROCHET (A.) et HALLER (A.). — Oxydation du ricinoléate de méthyle par l'ozone 496
BROCQ-ROUSSEU et GAIN (Edmond). — Sur les excrétions des racines ... 1610
BROGLIE (Maurice de). — Sur l'ionisation des gaz par les actions de division mécanique des liquides; corps actifs et inactifs 1115
— Électrisation de l'air par la flamme d'oxyde de carbone et par les rayons du radium; comparaison des mobilités des ions présents 1425
BROGLIE (de) et BRIZARD. — Ionisation par barbotage et actions chimiques 969
BRONIEWSKI (Witold). — Sur les propriétés électriques des alliages aluminium-argent 1754
BRUNEL (Léon). — Cyclohexanetriols et dérivés 986
— Sur le passage de quelques alcools hydroaromatiques aux phénols correspondants 1528
BRUNHES (Bernard). — Enregistrement d'un tremblement de terre du 22 janvier 1910 à l'Observatoire du Puy-de-Dôme 249
BRUNHES (Jean). — De la prédominance de l'érosion sur la rive droite d'une rivière en temps de crue 567
BUHL (A.). — Sur la transformation des séries asymptotiques en séries de polynomes tayloriens convergentes. 1583
BUISSON (H.) et FABRY (Ch.). — Sur quelques propriétés électriques et spectroscopiques de l'arc entre métaux 1674
BULL (L.). — Sur les inclinaisons du voile de l'aile de l'insecte pendant le vol 129
BURSAUX signale l'apparition d'une brillante comète à Metlaoui (Tunisie), le 20 janvier 1910 200
BURSON (V.), DESLANDRES (H.) et AZAMBUJA (L. d'). — Sur un filament extraordinaire 1635

C

CAILLETET (Louis). — M. le *Secrétaire de l'Aéro-Club de France* adresse une réplique de la médaille offerte à M. *L. Cailletet* pour son Jubilé académique 301
— Est élu membre de la Commission

MM. Pages.

chargée de juger les Concours des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367
CAMBOULIVES (Pierre). — Action des vapeurs du tétrachlorure de carbone sur les anhydrides et les oxydes..... 175
— Action des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur quelques minéraux.. 221
CANNIZZARO (Stanislas). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 1207
CAPUS (J.) et FEYTAUD (J.). — Sur une méthode de traitement contre la *Cochylis* et l'*Eudemis*..... 1351
CARNOT (Adolphe). — Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367
— Du prix Montyon (Statistique) pour l'année 1910..... 445
CARPENTIER (J.), présente à l'Académie un « fréquencemètre » réalisé sur les indications du commandant *Ferrié*..... 72
— Présente une petite balance de précision combinée et construite par *M. Collot*..... 74
— Présente un instrument de mesure électrique dû à M. *L. Joly*..... 826
— Présente un stabilisateur automatique pour aéroplane construit par M. *Regnard*..... 829
— Présente un appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré..... 1490
— Est présenté en première ligne à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la place de Membre artiste du Bureau des Longitudes vacante par le décès de M. *Gautier*.. 1024
— Est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours du prix Caméré pour l'année 1910..... 507
CARRÉ (H.). — Etiologie de la congestion intestinale du cheval..... 358
CAUDRELIER (E.). — Décharges des inducteurs. Capacité des électrodes. 615
CAULLERY (M.) et LAVALLÉE (A.). — Recherches expérimentales sur les phases initiales de l'infection d'une Ophiure (*Amphiura squamata*) par un Orthonectide (*Rhopalura ophiocomæ*)..... 1781
CAYEUX (L.). — Prolongement des minerais de fer oolithique siluriens de la presqu'île armoricaine sous le bassin de Paris..... 134
— Les Algues calcaires du groupe *Girvanella* et la formation des oolithes. 359
CERNOVODEANU (Melle P.) et HENRI (Victor). — Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes. 52
— Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultraviolets..... 549
— Action des rayons ultraviolets sur les microorganismes et sur différentes cellules. Étude microchimique.... 729
CHAINE (J.). — Station bipède et muscles fessiers..... 551
— Courbure lombaire et promontoire.. 1449
CHARCOT (Jean). — M. le *Secrétaire perpétuel* donne lecture d'un télégramme de M. *Jean Charcot* relatif à son expédition au pôle Sud..... 368
— Adresse de Punta-Arenas un résumé de son expédition polaire..... 759
— Adresse à l'Académie une copie des Rapports mensuels de l'État-Major de la deuxième expédition antarctique française..... 1295
CHARCOT (Mme) adresse, de la part de M. *Jean Charcot*, un exemplaire des Cartes provisoires levées au cours de l'expédition du *Pourquoi-Pas?*..... 953
CHARLOIS, JAVELLE et SCHAUMASSE. — Sur la comète 1910 *a*. Observations faites à Nice..... 303
CHARPY (G.) et BONNEROT (S.). — Sur la cémentation du fer par le carbone solide..... 173
CHARRON (F.). — Rôle lubrifiant de l'air dans le frottement des solides. Frottement dans le vide..... 906
CHASSY (A.). — Absorption d'énergie par le passage d'un courant alternatif dans un gaz à la pression atmosphérique..... 1305
CHATELET (A.). — Sur une transformation des fractions continues arithmétiques..... 769
— Sur la sommation de fractions continues arithmétiques..... 1101
— Sur le classement d'un système de

MM. Pages.
tableaux équivalents entre eux.... 1502
CHATELU (J.), GIACOBINI et BAILLAUD (Jules). — Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris..... 672
CHATIN (J.). — Est élu membre des Commissions chargées de juger les concours : des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368
— Des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
CHAUDIER (J.) et CHAUVENET (Ed.). — Sur la radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium..... 219
CHAUVEAU (A.). — Est élu membre des Commissions chargées de juger les concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dugaste pour l'année 1910..... 445
— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat pour l'année 1910..... 445
— Du prix Jérome Ponti pour l'année 1910..... 507
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913.. 445
CHAUVEAU (A.) et CONTEJEAN (feu). — Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne..... 1478
— Elimination des déchets azotés dans l'acte de la sécrétion rénale, chez le sujet en état d'inanition. Rapport de cette élimination avec celle de l'eau, véhicule des *excreta* urinaires. Indépendance réciproque des deux phénomènes..... 1647
CHAUVENET (Ed.) et CHAUDIER (J.). — Sur la radioactivité des composés halogénés et oxyhalogénés du thorium..... 219
CHAZY (Jean). — Sur les équations différentielles dont l'intégrale générale possède une coupure essentielle mobile..... 456
— Sur les équations différentielles déduites de certains invariants des formes linéaires..... 1104
CHÉNEVEAU (C.). — Sur les pouvoirs réfringents spécifiques ou les constantes optiques des corps dissous dans des dissolutions très étendues. 866
— Sur un dispositif simple pour la mesure d'un champ magnétique..... 1046
— Sur la précision dans la mesure des susceptibilités magnétiques..... 1317
CHERCHEFFSKY. — Détermination de la provenance d'un naphte ou de ses dérivés..... 1338
CHEVALIER (Aug.). — Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la Mission scientifique de l'Afrique occidentale) : bois, caoutchouc et oléagineux..... 403
— Les ressources forestières de la Côte d'Ivoire (résultats de la Mission scientifique de l'Afrique occidentale) : excitants, gommes et résines, divers..... 623
CHEVALIER (J.). — Influence de la culture sur la teneur en alcaloïdes de quelques Solanées..... 344
— Variation de la teneur en spartéine du genêt à balais suivant l'époque de la végétation..... 1068
CHOFARDET (P.). — Observations de la comète Johannesburg, 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Besançon avec l'équatorial coudé..... 264
CHOUCHAK (D.) et POUGET (J.) adressent une Note « Sur l'absorption de l'acide phosphorique par les plantes »..... 427
CHUARD (E.). — Sur un nouveau mode de traitement contre le mildew, au moyen de l'oxychlorure de cuivre.. 839
CIRERA. — *Errata* relatifs à une Communication du 6 décembre 1909, intitulée : « Sur la perturbation magnétique du 25 septembre 1909 ». 294
CIRERA et PERICAS. — Résumé des observations faites sur la comète de Halley à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne)..... 1576
CIRERA (P.) et UBACH. — Observations sur le passage de la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne)..... 1494
CISOTTI (U.). — Sur une application de la méthode de Jacobi..... 160
CLAUDE (Georges). — Sur la compo-

MM. Pages.
sition de l'atmosphère après le passage de la comète de Halley..... 1311
CLAUDE, FERRIÉ et DRIENCOURT. — Comparaison de chronomètres ou de pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques.... 306
CLAUSMANN (P.). — Action de l'ozone sur l'oxyde de carbone..... 1332
CLEMENTS (Hugh.) adresse une Note intitulée : « The causation, periodicity and distribution in latitude of sun-spots »..... 293
COCHIN (G.) et AUSTERWEIL (G.). — Sur quelques relations entre la constitution moléculaire et l'odeur. 1693
COGGIA. — Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture)..... 305
— Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture)..... 451
— Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de $0^m,26$ d'ouverture)..... 1165
COLIN (H.) et RUFZ (J. dr). — Sur l'absorption du baryum par les plantes..... 1074
COLIN (le P. E.) fait hommage d'un Volume intitulé : « Observatoire de Madagascar. Observations météorologiques faites à Tananarive ». 831
COLLET (Léon-W.). — Sur la présence du Cénomanien fossilifère dans les Alpes calcaires de la Haute-Savoie. 242
COLSON (A.). — Sur les difficultés de la bibliographie chimique..... 169
COMAS SOLÀ (J.). — Sur la grande comète 1910 *a*..... 372
— Sur l'aplatissement de Io, premier satellite de Jupiter..... 1224
— Sur la comète de Halley..... 1496
— Résumé des observations physiques faites sur la comète de Halley... 1659
COMBES (Raoul). — Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux..... 1186
— Sur le dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique au cours de la disparition des pigments anthocyaniques chez les végétaux.. 1532
— L'éclairement optimum pour le développement des végétaux..... 1701
COMTESSE (A.) et HALLER (A.). — Action des bromures d'ortho- et de para-anisylmagnésium sur l'anthraquinone et la β-méthylanthraquinone..... 1290
CONTAMIN (A.). — Immunisation, contre le cancer, de la souris inoculée avec des tumeurs modifiées par les rayons X..... 128
— Résorption des tumeurs expérimentales de la souris sous l'influence des rayons X (étude histologique).. 1537
CONTE (A.). — Anomalies et variations spontanées chez des animaux domestiques..... 187
CONTE (A.) et VANEY (C.). — Recherches sur le développement de l'œuf de ver à soie univoltin..... 553
CONTEJEAN (feu) et CHAUVEAU (A.). — Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne..... 1478
— Elimination des déchets azotés dans l'acte de la sécrétion rénale, chez le sujet en état d'inanition. Rapport de cette élimination avec celle de l'eau, véhicule des *excreta* urinaires. Indépendance réciproque des deux phénomènes..... 1647
COPAUX (H.). — Sur l'inégalité de propriétés des deux formes, droite et gauche, du silicotungstate de potassium et, en général, des cristaux doués du pouvoir rotatoire..... 475
CORDEMOY (H.-Jacob de). — Influence du terrain sur les variations de l'appareil sécréteur des Clusiacés..... 1535
CORNAILLE (F.) et BERTRAND (C.-Eg.). — Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne..... 1019
CORNEC (E.). — Sur la formule de l'acide hypophosphorique..... 108
COTTON (A.) et MOUTON (H.). — Sur la biréfringence magnétique et électrique des liquides aromatiques et sur la théorie de l'orientation moléculaire..... 774
— Sur la relation de Havelock entre

MM. Pages.
la biréfringence et l'indice de réfraction..... 857
COTTON (E.). — Sur les solutions asymptotiques des équations différentielles..... 511
COTTY (G.). — Sur la transformation des fonctions abéliennes..... 458
COUPIN (Henri). — Sur la végétation de quelques moisissures dans l'huile. 1192
COURMONT (Jules), NOGIER (Th.) et ROCHAIX. — L'eau stérilisée par les rayons ultraviolets contient-elle de l'eau oxygénée? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée..... 1453
COUSIN (H.) et HÉRISSEY (H.). — Sur le déhydrodicarvacrol..... 1333
COUTIÈRE (H.). — Sur les crevettes du genre *Saron* à mâles dimorphes.... 1263
COUTURIER (F.). — Sur la stabilité des β-cétoaldéhydes..... 705
— Condensation de la pinacoline avec les éthers-sels 928
CROCHETELLE et STŒCKLIN. — Sur la présence accidentelle dans le lait de sulfocyanures et leur origine. 1530
CROZE (F.). — Prolongement du spectre de bandes de l'azote dans le rouge extrême et l'infra-rouge..... 860
— Prolongement des spectres de bandes des gaz carbonés dans le rouge extrême et l'infra-rouge 1672
CRÉMIEU (V.). — Sur une erreur systématique qui limite la précision de l'expérience de Cavendish. Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation 863
CUÉNOT (L.) et MERCIER (L.). — Étude sur le cancer des Souris. L'hérédité de la sensibilité à la greffe cancéreuse..... 1443
CURIE (Mme P.) et DEBIERNE (A.). — Sur le polonium..... 386

D

DANIEL (Jean). — Sur la structure des branches courtes et âgées de quelques arbres..... 1611
DARBOUX (Gaston). — Rapport sur le « Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides », présenté par M. *Gabriel Kœnigs* dans la séance du 3 janvier 1910..... 441
— Sur une classe particulière de systèmes triple-orthogonaux..... 1155
— Sur l'emploi de nouvelles méthodes de récurrence dans la théorie des systèmes orthogonaux..... 1208
— Fait hommage à l'Académie de la traduction italienne de sa Conférence « Sur le développement des méthodes géométriques »..... 1007
— Est désigné à M. le Ministre de l'Intérieur pour remplacer, dans le Conseil d'administration de la Fondation Carnegie, M. *Bouquet de la Grye*, décédé 80
— Est élu Membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*..... 1491
— Donne lecture à l'Académie d'une Lettre de la Société royale de Londres relative à une souscription pour les victimes des inondations en France..... 571
— Est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, prix Francœur, prix Poncelet pour l'année 1910..... 366
— Des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910... 367
— Des prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910..... 445
— Des médailles Arago, Lavoisier, Berthelot pour l'année 1910..... 445
— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910 445
— Du prix Wilde pour l'année 1910.... 445
— Du prix Jérôme Ponti pour l'année 1910..... 507
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508

MM. Pages.

— Est élu Membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Bordin pour l'année 1913.. 366
— De prix Vaillant pour l'année 1913.. 508
— M. le *Secrétaire perpétuel* donne lecture d'un télégramme de M. *Jean Charcot* relatif à son Expédition au pôle Sud 368
— M. le *Secrétaire perpétuel* signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance : divers Ouvrages de MM. *Franz Xaver Kugler*, 25. — *Ernest Lebon*, *M. Lœwy* et *P. Puiseux*, *André Bellot*, *Louis Wickham* et *Degrais*, 153. — *L. Marchis*, *Lachaud*, *Jehan Charlie*, *André Brochet*, 369. — Un Ouvrage relatif à la fondation *Andrew Carnegie* et un Traité de M. *Chwolson*, 508. — Divers Ouvrages de M. *Ernest Jovy* et de M. *Carlos-E. Porter*, et la copie d'un manuscrit de *Lebrun*, 669. — Divers Travaux de M. *Henri Deherain*, de M. *J.-H. Eijkman*, du Muséum d'Histoire naturelle de Genève et « Les prix Nobel en 1907 », 1026. — Divers Ouvrages de MM. *Rodolphe Guimarães*, *G. Roncagli*, *J. Lewkowitsch*, *D. Sidersky*, 1161. — Le « Jubilé académique de M. *L.-P. Cailletet* », un Ouvrage de M. *Armand Billard*, et le « Centenaire du *Journal de Pharmacie et de Chimie* », 1296. — Divers Ouvrages de M. *H. Lecomte* et de M. *F.-W. Pavy*, 1492. — Divers Ouvrages de MM. *Paul Dislère*, *Ernest Lebon*, *Marcel Moulin*, 1655.
— Est désigné pour représenter l'Académie à l'Assemblée générale de l'*Association internationale des Académies*, à Rome, en mai 1910..... 896
DARMOIS (E.). — Sur le camphre artificiel..... 925
DARZENS (G.). — Sur une nouvelle méthode de synthèse des cétones non saturées..... 707
— Action des hydracides sur les éthers glycidiques..... 1243
DASTRE est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument *Horace Wells-Paul Bert*... 758
— Est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate, pour l'année 1910. 445
— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat, pour l'année 1910..... 445
— Du prix Lonchampt pour l'année 1910..... 445
— Est élu Membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913.. 445
DAUMAS (A.) et STASSANO (H.). — Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe. 937
DEBIERNE (A.). — Sur le poids atomique de l'émanation du radium.. 1740
DEBIERNE (A.) et CURIÉ (Mme P.). — Sur le polonium..... 386
DEBRÉ (R.), SIMON (G.) et LESNÉ (E.). — Sur la présence des germes virulents dans l'atmosphère des salles d'hôpital..... 1001
DÉCOMBE (L.). — Sur l'élimination des couples directeurs électriques et des effets dus à la dissymétrie, à l'absence de réglage et aux forces électromotrices de contact dans les électromètres à quadrants..... 164
— Sur la mesure de l'indice de réfraction des liquides au moyen du microscope..... 389
DEDEKIND (RICHARD) est élu Associé étranger..... 590
DEHORNE (ARMAND). — La division longitudinale des chromosomes dans les spermatogonies de *Sabellaria spinulosa* Leuck..... 1195
— Le nombre des chromosomes chez les Batraciens et chez les larves parthénogénétiques de Grenouille.... 1451
— La valeur des anses pachytènes et le mécanisme de la réduction chez *Sabellaria spinulosa* Leuck..... 1625
DELAGE est élu Membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
DE LAUNAY (L.). — Sur le poids atomique moyen de l'écorce silicatée terrestre..... 1270
DELÉPINE (MARCEL). — Sur la dissolution du platine par l'acide sulfurique et sur les produits de cette

MM. Pages.
réaction..... 104
— Sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique et l'acide correspondant..... 394
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 894
— Sur la constitution de l'aldéhyde dimère, de l'aldéhyde crotonique.... 535
— Sur quelques composés organiques spontanément oxydables avec phosphorescence..... 876
— Sur l'essence de criste-marine..... 1061
— Nouveaux cas d'oxydabilité spontanée avec phosphorescence..... 1607
DEMETRESCO (G.) et BAILLAUD (Jules). — Observations photographiques de la comète de Halley à l'Observatoire de Paris..... 1409
DEMOULIN (A.). — Sur la transformation de Ribaucour..... 25
— Sur les systèmes et les congruences K. 156
— Sur les systèmes et les congruences K. 310
DENIGÈS (G.). — Recherches des traces de méthanal en présence d'éthanal par la fuchsine bisulfatée..... 529
— Recherche de l'alcool méthylique en général et spécialement en présence de l'alcool éthylique..... 832
— Sur la présence de résidus tartriques du vin dans un vase antique..... 1330
DENJOY (Arnaud). — Sur les fonctions analytiques uniformes à singularités discontinues non isolées.. 32
— Sur la mesure des ensembles..... 596
DEPREZ est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Du Prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910.. 367
DESLANDRES (H.). — Orage magnétique du 25 septembre 1909, et phénomènes solaires connexes. Vérification des théories proposées..... 65
— Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire..... 1007
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 1378
— Influence des comètes sur l'atmosphère terrestre d'après la théorie cathodique..... 1281
— Est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910..... 367
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508
DESLANDRES (H.) et IDRAC (P.). — Sur le spectre de la comète 1910 *a*.. 653
DESLANDRES (H.), AZAMBUJA (L. d') et BURSON (V.). — Sur un filament extraordinaire..... 1635
DESLANDRES (H.), BERNARD (A.), AZAMBUJA (L. d'). — Premières observations de la comète Drake à l'Observatoire de Meudon..... 253
DHÉRÉ (Ch.) et GORGOLEWSKI (M.). — Sur la préparation et sur quelques propriétés physicochimiques de la gélatine déminéralisée..... 934
— Sur l'obtention par dialyse électrique, d'un sérum extrêmement appauvri en électrolytes..... 993
DIENERT (F.). — De la recherche des substances fluorescentes dans le contrôle de la stérilisation des eaux..... 487
— De la recherche des substances fluorescentes dans quelques eaux minérales..... 891
DOBY (A.). — Un horizon fossilifère dans le Muschelkalk de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne)..... 1553
DOMINICI (H.), PETIT (G.) et JABOIN (A.). — Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intraveineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications..... 726
DOP (Paul). — Sur les *Strychnos* de l'Asie orientale..... 1256
DOUMER (E.) et LEMOINE (G.). — Sur les douleurs névralgiques rebelles qu'on observe chez les hypertendus..... 565
DOUVILLÉ (Henri). — Sur la découverte du Trias marin de Madagascar..... 260
DOYON. — Formation dans le foie d'une substance anticoagulante sous l'influence d'un alcaloïde..... 348
— Sécrétion normale d'une substance anticoagulante par le foie..... 792
DRECQ (M.) et GRAMONT (A. de). — Sur certaines conditions d'apparition du spectre de bandes attribué au cyanogène..... 1235

MM. Pages.
DRIENCOURT, FERRIÉ et CLAUDE. — Comparaison de chronomètres ou de pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques.... 306
DRIOT. — Sur les oxychlorures de zinc. 1426
DUANE (W.) et LABORDE (A.). — Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium..... 1421
DUCELLIEZ (F.). — Étude de quelques alliages de cobalt d'après leurs forces électromotrices..... 98
DUFOUGERÉ (W.) et THIROUX (A.). — Sur un nouveau spirille du *Cercopithecus patas*..... 132
DUFOUR (A.). — Sur les triplets dissymétriques. Exemple d'une dissymétrie de position proportionnelle au carré du champ magnétique.... 614
DUGAST. — Sur la présence du bore dans les vins d'Algérie..... 838
DUHEM (P.) fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son Ouvrage : « Thermodynamique et Chimie. Leçons élémentaires »..... 589
DUNOYER (LOUIS). — Sur l'émission de charges électriques par les métaux alcalins..... 535
— Sur une nouvelle circonstance de formation des rayons cathodiques.. 970
— Sur une méthode de mesure d'un champ magnétique en grandeur, direction et sens..... 1679
DUPONT (G.). — Sur les isomères de quelques γ-glycols acétyléniques.. 1121
— Oxydation des γ-glycols acétyléniques. Synthèse d'acides-alcools α. 1523
DUPONT (G.) et LOUGUININE (W.). — Chaleur de fixation de l'acide bromhydrique de quelques composés éthyléniques..... 1346
DUPUIS (PIERRE). — Action du trichlorure de phosphore sur le gaïacol.... 622
DUSSAUD. — Sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement. Sources lumineuses en mouvement. Applications pratiques..... 904

E

EGINITIS (D.). — Observations de la comète de Halley, faites à l'Observatoire d'Athènes..... 1407
— Observations de la comète de Halley. 1578
ESCLANGON (E.). — Sur l'intensité de la pesanteur et ses anomalies à Bordeaux et dans la région..... 139
— Observation de la comète Drake.... 199
— Sur les transformations de la comète 1910 *a*, dite *comète Innes*..... 369
— Sur les transformations de la comète de Halley..... 1095
— Observations de la comète de Halley.. 1222
ESTANAVE (E.). — Images changeantes à deux et trois aspects sur plaque autostéréoscopique..... 93
— Obtention simultanée du relief stéréoscopique et de l'aspect changeant dans l'image photographique..... 683
ETARD (A.) et VILLA (A.). — L'analyse des matières protoplasmiques.. 1709
ETÉVÉ (A.). — Sur l'autorotation..... 327

F

FABRY (CH.). — L'éclat intrinsèque du ciel étoilé..... 272
FABRY (CH.) et BUISSON (H.). — Sur quelques propriétés électriques et spectroscopiques de l'arc entre métaux..... 1674
FAURÉ-FRÉMIET (E.). — Étude physicochimique sur la structure de noyaux du type granuleux..... 1355
FAVRE (M.) et REGAUD (CL.). — Sur certains filaments ayant probablement la signification de mitochondries, dans la couche génératrice de l'épiderme..... 560
FEIGES (A.), URBAIN (ED.) et SCAL (CL.). — Sur la stérilisation de l'eau par l'ultraviolet..... 548
FEJÉR (LÉOPOLD). — Sur une paire de séries de Fourier conjuguées..... 518
— Sur les sommes partielles de la série de Fourier..... 1299
FEKETE (MICHEL). — Sur les séries de

MM. Pages.
Dirichlet 1033
FERRIÉ, CLAUDE et DRIENCOURT. — Comparaison de chronomètres ou de pendules à distance par la méthode des coïncidences au moyen de signaux radiotélégraphiques..... 306
FÉRY (Ch.). — Prismes à faces courbes applicables à la spectroscopie..... 216
— Bobine symétrique pour galvanomètre à cadre mobile..... 524
— Sur un nouveau réflectomètre..... 691
FEYTAUD (J.) et BOUTAN (L.). — La photographie stéréoscopique en couleur et ses applications scientifiques. 1424
FEYTAUD (J.) et CAPÛS (J.). — Sur une méthode de traitement contre la *Cochylis* et l'*Eudemis*..... 1351
FILLIOZAT (Marius). — La craie de Blois..... 1274
FOMIN (W.) et TCHOUGAEFF (L.). — Sur certains dérivés de la cholestérine..... 1435
FONTANEAU (E.) adresse un Mémoire « Sur l'intégration générale des équations de l'Hydrodynamique ». 427
FONVIELLE (Wilfrid de). — Sur la théorie de Fontenelle relative à la constitution des comètes..... 849
FORCRAND (de). — Chaleur de formation du peroxyde de cæsium..... 1399
FORTINEAU (L.). — Sur le traitement curatif du charbon par la pyocyanase..... 1454
FOSSÉ (R.). — Transformation de quelques alcools aromatiques en acides phosphineux par l'acide hypophosphoreux..... 178
FOUGERAT. — Sur les homologues du muscle du membre postérieur des Reptiles..... 1541
FOUQUET (G.). — Cristallisation spontanée du sucre..... 280
MM. Pages.
FOURNEAU (E.). — Alcaloïde du *Pseudocinchona africana*. Saponification par les alcalis..... 976
FOURNIER. — Sur les Nodules (*Septaria*) à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des *Ammonea*..... 1560
FOURNIER (J.-B.). — Sur la façon d'évaluer la température de la vapeur surchauffée..... 521
FOURNIER (L.) et BESSON (A.). — Sur un nouveau chlorure de phosphore..... 102
— Réduction des chlorures de bore et d'arsenic par l'hydrogène sous l'influence de l'effluve électrique..... 872
— Action de l'effluve sur le chloroforme et le tétrachlorure de carbone en présence de l'hydrogène, ainsi que sur le chlorure de méthyle..... 1118
— Action de l'effluve sur l'aldéhyde éthylique en présence de l'hydrogène..... 1238
FRAYSSEIX-BONNIN (de) prie l'Académie de le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 369
FRÉCHET (Maurice). — Sur les fonctionnelles continues..... 1231
FREUNDLER (P.). — Sur les éthers chloranthraniliques et sur leur condensation avec le nitrobenzène.... 1179
FREYCINET (de) est élu Membre de la Commission chargée de juger le Concours du prix Montyon (Statistique)..... 445
FREZOULS (Jules) et GODCHOT (Marcel). — Sur l'acide hexahydrophénylglycolique 1248

G

GABET (G.). — Sur les résultats obtenus dans la torpille radioautomatique par un nouveau télécommutateur et radiocombinateur..... 525
GAILLARD (Gaston). — Observation d'une dissymétrie dans la vitesse de dissolution des cristaux de sucre suivant leurs différentes faces..... 217
GAIN (Edmond) et BROCQ-ROUSSEU. — Sur les excrétions des racines.... 1610
GALBRUN. — Sur la représentation des solutions d'une équation aux différences finies linéaires pour les grandes valeurs de la variable..... 206
GALITZINE (B.). — Sur la détermination de l'épicentre d'un tremble-

MM. Pages.

ment de terre, d'après les données d'une seule station sismique..... 642
— Sur la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre, d'après les données d'une seule station sismique..... 816
— Sur l'ébranlement des édifices..... 901
— Sur la précision des appareils qui servent à étudier l'ébranlement des édifices..... 1041
— Sur un nouveau type de sismographe pour la composante verticale..... 1727
GALLISSOT (Ch.). — Sur le phénomène de Purkinje..... 594
GANDILLOT (Maurice) adresse un « Mémoire sur l'audition »..... 645
— Adresse un complément à son « Mémoire sur l'audition »..... 754
— Adresse une « Contribution à l'étude des tuyaux sonores étroits »..... 1205
GARRIGOU (F.). — Méthode prompte et sûre pour reconnaître dans une eau minérale la présence en bloc de métalloïdes et de métaux..... 1002
— Sur la présence d'éléments métalloïdiques et métalliques dans les eaux potables. Conséquences pratiques.. 1374
GAU (P.-E.). — Sur l'intégration, par la méthode de M. Darboux, des équations aux dérivées partielles du second ordre de la forme

$s = a(x, y, z)\, p + b(x, y, z)\, q + c(x, y, z)$. 1099

— Sur la recherche des intégrales intermédiaires de l'équation

$s = f(x, y, z, p, q)$..... 1410

GAUDECHON (H.). — Sur les dérivés bromés du dimercurammonium... 467
GAUDECHON (Henri) et BERTHELOT (Daniel). — Effets chimiques des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Actions de polymérisation. 1169
— Effets chimiques des rayons violets sur les corps gazeux. Actions oxydantes. Combustion du cyanogène et de l'ammoniaque: synthèse de l'acide formique..... 1327
— Effets oxydants des rayons ultraviolets sur les corps gazeux. Peroxydation des composés oxygénés de l'azote et du soufre..... 1517
— Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle; synthèse photochimique des composés quaternaires. 1690
GAULT (H.). — Condensation de l'éther oxalique avec l'éther tricarballylique..... 1341
— Remarque sur l'acidité des dérivés de l'éther oxalacétique..... 1608
GAULT (H.) et THIRODE (G.). — Condensation des amines secondaires avec l'éther γ-bromodiméthylacétylacétique..... 1123
GAUTIER (Armand). — Caractères différentiels des eaux de sources d'origine superficielle ou météorique, et des eaux d'origine centrale ou ignée..... 436
— Quelques remarques, au point de vue géologique et chimique, relatives à l'action que la chaleur exerce sur l'oxyde de carbone..... 1383
— Action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone; formation d'eau et de méthane. Action de l'eau, au rouge, sur ce même oxyde. Applications aux phénomènes volcaniques..... 1564
— Action de la chaleur rouge sur la formaldéhyde..... 1725
— Est élu membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*..... 1491
— M. le *Président* annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 16 mai est renvoyée au mardi 17..... 1155
— M. le *Président* annonce la mort de M. *Stanislas Cannizzaro*, Correspondant pour la Section de Chimie. 1207
— Est désigné pour représenter l'Académie au service funèbre célébré à la Mémoire de S. M. le Roi Édouard VII..... 1221
— Est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367
— Des Médailles Arago, Lavoisier, Ber-

MM. Pages.
thelot pour l'année 1910..... 445
— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910..... 445
— Du prix Saintour pour l'année 1910.. 507
GAY (L.) et BAUD (E.). — Températures de cristallisation des mélanges binaires..... 1687
GENTIL (Louis). — Les mouvements orogéniques dans le Haut-Atlas marocain..... 1275
— Les mouvements tertiaires dans le Haut-Atlas marocain..... 1465
GERBER (C.). — La caséification du lait cru par les présures du lait bouilli..... 1202
— Comparaison entre le mode d'action de certains sels retardateurs et des protéines du lait coagulable par la chaleur sur la caséification par les présures du lait bouilli..... 1357
GERNEZ (D.). — Sur un moyen de restituer aux sulfures alcalino-terreux leurs propriétés phosphorescentes.. 295
— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours : des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367
GESSARD (C.). — Sur le fibrine-ferment..... 1617
— Sur la fibrine du sang..... 1771
GÈZE (J.-B.). — Sur l'exploitation agricole, dans les Bouches-du-Rhône, d'une espèce de *Typha* spontanée, non signalée en France (*T. augustata*)..... 408
GIACOBINI. — Observations de la comète 1910 *a*, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la Tour de l'Est, $0^m,38$ d'ouverture)..... 263
— Sur la comète de Halley..... 955
— Sur la comète de Halley..... 1496
GIACOBINI, BAILLAUD (Jules) et CHATELU (J.). — Observation d'une petite planète à l'Observatoire de Paris..... 672
GIAJA (Jean). — Sur l'isolement d'un sucre biose dérivant de l'amygdaline..... 793
GIGNOUX (Maurice). — Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud..... 841
GIRARD (Pierre). — Mécanisme électrostatique de l'hémiperméabilité des tissus vivants aux électrolytes.. 1446
GLANGEAUD (Ph.). — Architecture de la partie centrale des monts du Forez..... 804
— Les formations archéennes, l'ancienne couverture et les plissements des monts du Forez..... 942
GODCHOT (Marcel) et FREZOULS (Jules). — Sur l'acide hexahydrophénylglycolique..... 1248
GORCE (P. de la) et LAPORTE (F.). — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent..... 278
GORGOLEWSKI (M.) et DHÉRÉ (Ch.). — Sur la préparation et sur quelques propriétés physicochimiques de la gélatine déminéralisée..... 934
— Sur l'obtention, par dialyse électrique, d'un sérum extrêmement appauvri en électrolytes..... 993
GOUY. — Sur l'action mutuelle de deux cathodes dans le champ magnétique..... 1652
GRAMONT (A. de). — Sur la répartition des raies ultimes dans le spectre des diverses régions du Soleil..... 37
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 430
— Sur la répartition des raies ultimes dans les spectres stellaires..... 154
GRAMONT (A. de) et DRECQ (M.). — Sur certaines conditions d'apparition du spectre de bandes attribué au cyanogène..... 1235
GRANDIDIER (Alfred). — La Carte internationale de la Terre à $\frac{1}{1000000}$. 193
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 430
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910.. 367
— Des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau, pour l'année 1910..... 367
— Des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910..... 445
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913..... 367

MM. Pages.

GRANDJEAN (F.). — Remarques sur le siphon des Ammonites et des Bélemnites 1150

GRENET (L.). — Sur la cémentation des aciers au silicium 921

GRIFFON (Ed.). — Sur la variation dans le greffage et l'hybridation asexuelle 629

GRIGNARD (V.) et ZORN (L.). — Action du chlorure de thionyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes 1177

GRYNFELTT (E.). — Sur le muscle tenseur de la choroïde des Téléostéens 420

GUERBET (Marcel). — Condensation de l'alcool butylique secondaire avec son dérivé sodé 183

— Sur la constitution des alcools résultant de la condensation des alcools secondaires avec leurs dérivés sodés 979

GUICHARD (C.). — Sur les surfaces à courbure totale constante qui correspondent à des systèmes singuliers d'ordre quelconque 76

— Sur un mode de génération des systèmes triple-orthogonaux à lignes de courbure sphériques dans un seul système 1090

GUIGNARD est élu Membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Melicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910 368

— Du prix Lonchampt pour l'année 1910 445

— Du prix Saintour pour l'année 1910 .. 507

— Est élu Membre de la Commission chargée de présenter une question de Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913 508

GUILLAUME (J.). — Observations du Soleil faites pendant le troisième trimestre de 1909 592

— Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de 1909 765

MM. Pages.

GUILLAUME (J.) et LUIZET. — Observations de la comète Innes (1910 *a*), faites à l'Observatoire de Lyon 301

— Sur les apparences de la comète de Halley 1492

GUILLEMINOT. — Sur le radiochroïsme des corps organiques vis-à-vis des rayons α, β, γ du radium et des rayons X 332

— Posologie en radiographie médicale avec ou sans écran renforçateur ... 1623

GUILLIERMOND. — Nouvelles observations sur la cytologie des levures. 835

GUINARD (L.) et VALLÉE (H.). — Des propriétés physiologiques des extraits du bacille de Koch condensés et sensibilisés 1140

GUYE (C.-E.) et RATNOVSKI (S.). — Sur la variation de l'inertie de l'électron en fonction de la vitesse dans les rayons cathodiques et sur le principe de relativité 326

GUYE (C.-E.) et SCHAPPER (H.). — Sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures. 962

GUYE (C.-E.) et TSCHERNIAVSKI (A.). — Mesure de très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression 911

GUYON est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910 445

GUYOU est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910 367

— Des prix Tchihatcheï, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910 367

— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910 445

— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913 367

H

HAAG. — *Errata* relatifs à une Communication du 24 août 1908 intitulée « Sur la viration de deux surfaces réglées » 252

MM. Pages.
— Sur quelques nouvelles familles de Lamé 767
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 1006
— Sur la représentation sphérique de certaines familles de Lamé..... 852
— Sur certains systèmes triple-orthogonaux..... 1096
HACHET-SOUPLET (P.). — L'association des sensations chez les animaux (la loi de récurrence)..... 238
— De l'emploi du dressage comme moyen de recherche psychologique. 735
HADAMARD. — Sur les ondes liquides. 609
— Sur les ondes liquides..... 772
— Quelques propriétés des fonctions de Green 1664
HALLER (A.) est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910 367
HALLER (A.) et BAUER (Edouard). — Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium 582
— Alcoylation des cétones aliphatiques par l'intermédiaire de l'amidure de sodium. Dédoublement des hexa-alcoylacétones..... 661
— Préparation et propriétés des α-hydrindones-β-dialcoylées ou indanones-1-dialcoylées-2.2..... 1472
HALLER (A.) et BROCHET (A.). — Oxydation du ricinoléate de méthyle par l'ozone..... 496
HALLER (A.) et COMTESSE (A.). — Action des bromures d'ortho- et de para-anisylmagnésium sur l'anthraquinone et la β-méthylanthraquinone 1290
HALLER (A.) et LASSIEUR (A.). — Étude des échappées du beurre de coco. Composition de l'essence de coco. 1013
HALLEZ (Paul). — Enkystement de protection d'une Némerte d'eau douce (*Prostoma lumbricoideum* Dugès)..... 481
— Pontes d'été et pontes d'hiver d'une Némerte d'eau douce (*Prostoma lumbricoideum* Dugès)..... 556
HALLOPEAU. — Considérations générales sur l'évolution du tréponème pâle dans l'organisme humain..... 1354
HAMY (Maurice). — L'organisation de la spectroscopie stellaire à l'Observatoire de Paris..... 572
— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910..... 367
HANUSSE est présenté en seconde ligne à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de Membre titulaire, vacante dans la Section d'Astronomie du *Bureau des Longitudes*..... 1025
HATON DE LA GOUPILLIÈRE fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de son travail intitulé « Sommation de suites terminées »..... 1573
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910 367
— Du prix Montyon (Statistique) pour l'année 1910 445
HATT est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910. 367
— Des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910 367
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question du prix Gay pour l'année 1913..... 367
HAUDIÉ (E.). — Loi générale du rendement relative à un générateur ou à un récepteur avec branche dérivée. Cas des dynamos..... 908
HAUTIER (Camille). — De la compression d'air adiabatique appliquée à un véhicule mû par un moteur à explosion pour remplacer les transmissions mécaniques..... 34
HECKEL (Édouard) fait hommage à l'Académie du Tome VII des « Annales du Musée colonial de Marseille »..... 441
HEGYI. — Quelques observations sur le *pied noir* de la Pomme de terre. 347
HELBRONNER (André), RECKLINGHAUSEN (Max de) et HENRI (Victor). — Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets..... 932

MM. Pages.
HELBRONNER (Paul). — Sur les jonctions de la chaîne méridienne de Savoie avec la triangulation fondamentale italienne et suisse..... 208
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 362
HEMSALECH (G.-A.). — Sur la durée de l'émission de raies spectrales par les vapeurs lumineuses dans l'étincelle électrique..... 1743
HEMSALECH (G.-A.) et WATTEVILLE (C. de). — Sur le spectre de flamme à haute température du fer..... 329
HENNEGUY est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours des prix : Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
— Des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910... 445
— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat pour l'année 1910..... 445
— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Pourat pour l'année 1910. 445
— De Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913..... 508
HENRI (Victor) et CERNOVODEANU (Mlle P.). — Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes..... 52
— Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultraviolets..... 549
— Action des rayons ultraviolets sur les microorganismes et sur différentes cellules. Étude microchimique..... 729
HENRI (Victor), HELBRONNER (André) et RECKLINGHAUSEN (Max de). — Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets..... 932
HENRIOT (E.). — Sur les rayons du potassium..... 1750
HÉRIBAUD-JOSEPH. — Recherches sur les Diatomées des travertins déposés par les eaux minérales de Sainte-Marguerite (Puy-de-Dôme). 61

MM. Pages.
HÉRISSEY (H.) et COUSIN (H.). — Sur le déhydrodicarvacrol..... 1333
HERRGOTT. — Le thermophile électrique : tissus, tapis, tricots chauffant par l'électricité..... 1233
HESSE (Ed.) et LÉGER (L.). — Cnidosporidies des larves d'Éphémères.. 411
HINKS (Arthur-R.). — La parallaxe solaire déduite des observations micrométriques d'Éros faites en 1900-1901..... 953
HITTORF est élu Associé étranger..... 668
HOLDERER (Maurice). — Influence de la réaction du milieu sur la filtration de quelques diastases du malt..... 285
— De la filtration des diastases..... 790
HOLDERER (M.) et BERTRAND (Gabriel). — Nouvelles observations sur l'individualité de la cellase..... 230
HORAND (R.) et BORDIER (H.). — Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes..... 634
— Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes..... 886
HOUARD adresse un Rapport sur ses travaux exécutés à l'aide de la subvention accordée sur le fonds Bonaparte..... 1655
HOULLEVIGUE. — Sur la dimension des éléments matériels projetés par les cathodes des tubes à vide..... 1237
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 1470
— Sur la formation des dépôts cathodiques..... 1683
HUGGINS (Sir William). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 1379
HUMBERT (G.). — Sur les minima des classes de formes quadratiques binaires et positives..... 731
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, du prix Francœur, du prix Poncelet pour l'année 1910..... 366
— Du prix Caméré pour l'année 1910... 507
— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Bordin pour l'année 1913... 366
— De prix Vaillant pour l'année 1913.. 508

I

MM. Pages.
IDRAC (P.) et BERNARD (A.). — Deuxième série de recherches sur la comète de Halley et son spectre à l'Observatoire de Meudon..... 1161
IDRAC (P.) et DESLANDRES (H.). — Sur le spectre de la comète 1910 *a* .. 653

J

JABOIN (A.), DOMINICI (H.) et PETIT (G.). — Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intraveineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications..... 726
JAMMES (L.) et MARTIN (A.). — Sur l'adaptation des Nématodes parasites à la température des hôtes.... 418
JANISZEWSKI (Sigismond). — Contribution à la géométrie des courbes planes générales..... 606
JAUBERT (George-F.). — Ouverture d'un pli cacheté renfermant une Note intitulée : « Procédé de régénération de l'air vicié »..... 1574
JAVELLE, CHARLOIS et SCHAUMASSE. — Sur la comète 1910 *a*. Observations faites à Nice..... 303
JAVILLIER (M.). — Sur la migration des alcaloïdes dans les greffes de Solanées sur Solanées..... 1360
JÉGOU (Paul). — Détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans force électromotrice auxiliaire. 1307
JOBIN (A.) est présenté en seconde ligne à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de Membre artiste du Bureau des Longitudes, vacante par le décès de M. *Gautier*. 1024
JOLEAUD (L.). — Sur l'évolution de l'hydrographie quaternaire dans la région de Constantine (Algérie)..... 1081
JOLIBOIS (Pierre). — Sur deux nouveaux phosphures de nickel..... 106
JORDAN est élu Membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours du Grand Prix des Sciences mathématiques; des prix Francœur, Poncelet pour l'année 1910..... 366
— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Bordin pour l'année 1913... 366
— De prix Vaillant pour l'année 1913. 508
JOUBIN (L.). — Sur une jeune spirule.. 414
JOUGUET (E.). — Impossibilité de certaines ondes de choc et combustion. 91
JOURDAIN (P.-Roger). — Sur l'alumine provenant de l'oxydation à l'air de l'amalgame d'aluminium... 391
JOXE (Auguste). — Sur les modes d'ouverture des akènes et des noyaux au moment de leur germination.... 626
JUNGFLEISCH. — Est élu membre de la Commission chargée de juger les Concours des Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367

K

KAMERLINGH ONNES (H.), BECQUEREL (Henri) et BECQUEREL (Jean). — Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures..... 647
KAMERLINGH ONNES et WEISS (Pierre). — L'intensité d'aimantation à saturation aux très basses températures..... 686
— Sur les propriétés magnétiques du manganèse, du vanadium et du chrome..... 687
KERFORNE (F.). — Note sur un filon aurifère situé à Beslé (Loire-Inférieure) 224
— Sur les mouvements préhercyniens

MM. Pages.
du Massif breton..... 484
KÉRILLIS (DE). — L'aurore boréale. Lois et théories héliodynamiques.. 1296
KILIAN (W.) fait hommage de divers travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie du sud-ouest de la France et des îles Seymour et Snow-Hill..... 80
— Un nouvel exemple de phénomènes de *convergence* chez les Ammonitidés; sur les origines du groupe de l'*Ammonites bicurvatus* Mich. (sous-genre *Saynella* Kil.)..... 150
KLING (ANDRÉ). — Nouvelle méthode de dosage de l'acide tartrique droit. 616
KOCH (ROBERT). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 1379
KŒNIGS (G.). — Sur les courbes conjuguées dans le déplacement relatif le plus général de deux corps..... 22
Voir *Darboux*.
KOHN-ABREST (E.). — Action de la chaleur sur l'aluminium dans le vide. 169
— Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air.... 918
— Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air..... 1757
KRYLOFF (NICOLAS). — Sur les développements procédant suivant les polynomes hypergéométriques..... 316
KTENAS (CONST.-A.) et NÉGRIS (PH.) — Sur la présence des couches à *Ellipsactinia* aux monts Vardussa et sur la zone orientale du flysch d'Etolie en Grèce..... 748
KÜHN (JULIUS). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 953

L

LABBÉ est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910... 445
LABORDE (A.) et DUANE (W.). — Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium..... 1421
LACROIX (A.). — Sur l'existence à la côte d'Ivoire d'une série pétrographique comparable à celle de la charnockite..... 18
— Remarques à la suite de la communication du Rapport de M. *Charcot* sur son expédition polaire..... 763
— Fait hommage de la deuxième Partie du Tome III de sa « Minéralogie de la France et de ses colonies »..... 830
— Sur la constitution minéralogique des phosphorites françaises..... 1213
— Sur le minéral à structure optique enroulée constituant les phosphorites holocristallines du Quercy..... 1388
LAFAY (A.). — Sur une modification de la résistance de l'air produite par des rugosités convenablement disposées sur la surface d'un corps..... 1312
LAGRIFFOUL et RODET (A.). — Sérothérapie de la fièvre typhoïde; résultats cliniques..... 741
LAGRIFFOUL et ROGER. — La fièvre de Malte en France..... 800
LALLEMAND (Ch.). — Sur une erreur systématique de la détermination du niveau moyen de la mer, à l'aide du médimarémètre..... 265
— Prie l'Académie de le compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et de Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 262
— Est présenté en première ligne comme candidat à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par suite du décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 645
— Est élu Membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Bouquet de la Grye*.. 667
LANDERER (J.-J.). — Sur la polarisation de la lumière lunaire..... 1164
LANDSTEINER (K.) et LEVADITI (C.). — La paralysie infantile expérimentale..... 55
— Recherches sur la paralysie infantile expérimentale..... 131
LANNELONGUE. — Une fonction supplémentaire du pied dans la race jaune..... 503
— Rappelle une Communication de

MM. Pages.
de *J. Regnauld* sur le pied des Hindoux..... 589
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
— Des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dugaste pour l'année 1910... 445
LAPICQUE (M. et Mme L.). — L'addition latente et ses rapports avec le paramètre chronologique de l'excitabilité..... 796
LAPORTE (F.) et GORCE (P. DE LA). — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Electricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent. 278
LAPPARENT (JACQUES DE). — Sur les roches basiques de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord) et leurs rapports avec les filons de pegmatite qui les traversent..... 930
LAPPARENT (JACQUES DE) et TERMIER (PIERRE). — Sur la manzonite de Fontaine-du-Génie, près Cherchel (Algérie) et sur les micromonzonites de la région avoisinante. 1484
LAROSE (H.). — Sur l'équation des télégraphistes..... 680
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 894
— Sur deux suites de solutions de l'équation des télégraphistes..... 1418
— Sur la propagation d'une discontinuité sur une ligne télégraphique munie d'un transmetteur..... 1738
LASSIEUR (A.) et HALLER (A.). — Étude des échappées du beurre de coco. Composition de l'essence de coco..... 1013
LATTÈS (S.). — Sur la convergence des relations de récurrence..... 1106
— Sur les séries de Taylor à coefficients récurrents..... 1413
LAUNOY (L.). — Sur certaines enclaves protoplasmiques de la cellule hépatique normale du lapin..... 1145
LAVALLÉE (A.) et CAULLERY (M.). — Recherches expérimentales sur les phases initiales de l'infection d'une Ophiure (*Amphiura squamata*) par un Orthonectide (*Rhopalura ophiocomæ*)..... 1781
LAVERAN (A.) fait hommage à l'Académie du Tome II du « Bulletin de la Société de pathologie exotique ». 507
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910... 445
— Des prix Montyon (Physiologie expérimentale), Philipeaux, Lallemand, Martin-Damourette, Pourat pour l'année 1910..... 445
— Du prix Lonchampt pour l'année 1910. 445
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Pourat pour l'année 1913... 445
LÉAUTÉ (ANDRÉ). — Surintensités et surtensions dues à la manœuvre des interrupteurs de tableau..... 1110
LÉAUTÉ (H.) est désigné pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique au titre de représentant de l'Académie des Sciences..... 444
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Du prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey, pour l'année 1910. 367
— Du prix Caméré pour l'année 1910... 507
LEBEL (J.-A.). — Observation de l'ionisation de l'air en vase clos pendant le passage de la comète de Halley... 1372
LEBESGUE (HENRI). — Sur l'intégrale de Stieltjes et sur les opérations fonctionnelles linéaires..... 86
LÉCAILLON (A.). — Sur la structure et la signification de la membrane qui enveloppe la sphère vitelline de l'œuf des Oiseaux..... 240
LE CHATELIER est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367
— Du prix Caméré pour l'année 1910... 507
LECOCQ DE BOISBAUDRAN. — La truffe peut-elle se replanter?..... 1402
LECOQ. — Sur une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique pur..... 700
— Toxicité de l'arsenic métalloïdique... 887
LÉGER (E.). — Sur l'aloïnose ou sucre d'aloïne..... 983
— Sur l'aloïnose cristallisé; son identité

MM. Pages.
avec l'arabinose-*d*..... 1695
LÉGER (L.) et HESSE (Ed.). — Cnidosporidies des larves d'Ephémères.. 411
LEMOINE (G.) et DOUMER (E.). — Sur les douleurs névralgiques rebelles qu'on observe chez les hypertendus. 565
LEMOINE (Georges) rappelle, à propos d'une communication de M. Violle, les nombreuses expériences de tir contre la grêle qui ont été faites en Italie..... 1090
— Est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert, pour l'année 1910..... 367
LE ROUX (J.). — Sur les formes quadratiques définies à une infinité de variables..... 88
— Sur les conditions de maximum ou de minimum d'une fonction analytique d'une infinité de variables.... 202
— Les formes quadratiques positives et le principe de Dirichlet..... 377
— Sur la distribution des torsions dans la déformation infinitésimale d'un milieu continu..... 1415
— Sur la flexion..... 1589
LESNÉ (E.), DEBRÉ (R.) et SIMON (G.). — Sur la présence des germes virulents dans l'atmosphère des salles d'hôpital..... 1001
LESPIEAU. — Sur le méthylacétényl-carbinol..... 113
— Sur l'hydrogénation des composés acétyléniques..... 1761
LETOMBE (L.). — Étude géométrique de la distribution des machines à distributeurs séparés..... 1736
LEVADITI (C.) et LANDSTEINER (K.). — La paralysie infantile expérimentale..... 55
— Recherches sur la paralysie infantile expérimentale..... 131
LEVY (Maurice) est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, prix Francœur, prix Poncelet pour l'année 1910 366
— Des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Du prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910.. 367
— Des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367
— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910..... 445
— Du prix Wilde pour l'année 1910.... 445
— Du prix Jérôme Ponti pour l'année 1910..... 507
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Bordin pour l'année 1910... 366
LÉVY (Michel) est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours du prix Caméré pour l'année 1910..... 507
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de Grand Prix des Sciences physiques pour l'année 1913..... 508
Voir *Michel-Lévy*.
LÉVY (Paul). — Sur les équations intégrales non linéaires 899
LICHTENSTEIN (Léon). — Sur la définition générale des fonctions analytiques..... 1109
LIMB (C.) et NANTY (T.). — Observations des variomètres magnétiques de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon, pendant la nuit du 18 au 19 mai..... 1373
LINDET (L.). — Sur le rôle de la levure en boulangerie..... 802
LIORET. — Transformation en courbes des tracés du phonographe..... 1440
LIPPMANN (G.). — Sismographe à colonne liquide..... 363
— Est élu membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*..... 1491
— Frein pour balance, en forme de fil à plomb..... 1563
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen, pour l'année 1910..... 367
— Des prix Hébert Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367

MM. Pages.
— Du prix Wilde pour l'année 1910.... 445
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Vaillant pour l'année 1910.. 508
LOMBARD (Maurice). — Sur les effets chimiques et biologiques des rayons ultraviolets..... 227
LOUGUININE (W.). — Détermination des quantités de chaleur dégagées lors de l'addition du brome à quelques substances non saturées..... 915
LONGUININE (W.) et DUPONT (G.). — Chaleur de fixation de l'acide bromhydrique de quelques composés éthyléniques..... 1346
LOUISE (E.). — Sur une nouvelle méthode d'analyse par les courbes de miscibilité; application aux essences de térébenthine..... 526
LOWELL (Percival). — Nouveaux canaux de la planète Mars..... 448
— Sur la nouvelle méthode de photographie planétaire employée à l'Observatoire Lowell, à Flagstaff (Arizona). 1026
LUCAS (Mlle Pauline). — Action des dérivés organo-magnésiens sur les trialcoylacétophénones..... 1058
LUIZET et GUILLAUME (J.). — Observations de la comète Innes (1910 *a*), faites à l'Observatoire de Lyon..... 301
— Sur les apparences de la comète de Halley..... 1492
LUTZ (L.). — Sur le mode de formation de la gomme adragante..... 1184

M

MAGNAN (A.). — Influence du régime alimentaire sur l'intestin chez les Oiseaux..... 1706
MAHLER (P.). — De l'action de l'air sur la houille..... 1521
MAHLER (P.) et CHARON (E.). — Examen des liquides dégagés par l'action de l'air sur la houille entre 125° et 200°..... 1604
MAIGNON (F.). — Influence des glandes génitales sur la glycogénie..... 721
MAILHE (A.) et SABATIER (Paul). — Sur le mécanisme de déshydratation des alcools par catalyse au moyen de divers oxydes métalliques..... 823
— Méthode générale de préparation directe des thiols par catalyse à partir des alcools..... 1217
— Sur la formation et le dédoublement des thiols; synthèse des sulfures neutres alcooliques..... 1569
MAILLET (Edmond) et NOUAILHAC-PIOCH. — Sur les crues de la Seine en janvier-février 1910..... 813
MAIRE (René) et TISON (Adrien). — Sur quelques Plasmodiophoracées.. 1768
MALCLÈS (Louis). — Sur l'effet de la pénétration dans les diélectriques.. 1319
MALFITANO (G.) et MOSCHKOFF (Mlle A.). — Sur la coagulation de la matière amylacée par congélation..... 710
MAMELLE (Th.). — Sur l'emploi du cyanure de potassium comme insecticide souterrain..... 50
MANCEAUX (L.) et NICOLLE (Charles). — Reproduction expérimentale du bouton d'Orient chez le chien. Origine canine de cette infection..... 889
MANGIN est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques), pour l'année 1910..... 368
— Du prix Lonchampt pour l'année 1910..... 445
— Est désigné pour représenter l'Académie au IIIe *Congrès international quinquennal de Botanique*, en mai 1910, à Bruxelles..... 848
MANSON (Sir Patrick) est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine et Chirurgie.. 262
MAQUENNE est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367
— Du prix Saintour pour l'année 1910.. 507
MARAGE. — La photographie de la voix dans la pratique médicale..... 232
— Développement de l'énergie de la

MM. Pages.
voix..... 1193
MARCHAND (Emile). — Phénomènes observés au Pic du Midi du 18 au 19 mai (passage de la comète de Halley sur le Soleil)..... 1404
— Nouvelles observations concernant les effets du passage de la Terre dans la queue de la comète de Halley.... 1575
MARCHAND (Ernest-F.-L.). — Le *Plasmodiophora Brassicæ* Voronin, parasite du melon, du céleri et de l'oseille-épinard..... 1348
MARGAILLAN (L.). — Sur la séparation du saccharose et du lactose par le ferment bulgare..... 45
MARIE (A.). — Propriétés neutralisantes d'une substance isolée du cerveau normal..... 1775
MARRET (Léon). — Sur la présence de plantes alpines aux basses altitudes dans le Valais central..... 1069
MARTIN (A.) et JAMES (L.). — Sur l'adaptation des Nématodes parasites à la température des hôtes.... 418
MARTONNE (E. de). — Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire.... 135
— Sur la genèse des formes glaciaires alpines..... 243
MARTY (Joseph). — Sur une équation intégrale..... 515
— Développements suivant certaines solutions singulières..... 603
— Existence de solutions singulières pour certaines équations de Fredholm..... 1031
— Valeurs singulières d'une équation de Fredholm..... 1499
MASCART (Jean). — Photographie de la comète de Halley..... 1497
MASSOL (P.) et SIZES (Gabriel). — Inscription photographique des vibrations d'un diapason..... 1746
MASSON (Louis). — Sur l'accoutumance des bactéries aux antiseptiques..... 189
MATRUCHOT (Louis). — Sur un nouveau groupe de champignons pathogènes, agents des sporotrichoses... 543
MAUBANT (E.). — Éléments de la comète Tempel..... 201
MAURAIN (Ch). — Variation avec la température des propriétés magnétiques du fer dans les champs magnétiques faibles..... 777
MM. Pages
MAURAIN et WARCOLLIER. — Action des rayons ultraviolets sur le vin en fermentation..... 343
MAURETTE (Laurent) et MAYET (Lucien). — Découverte d'une grotte sépulcrale, probablement néolithique, à Montouliers (Hérault). 1620
MAWAS (J.). — Sur la structure des cellules nerveuses ganglionnaires de la moelle amyélinique des Cyclostomes..... 126
MAYET (Lucien) et MAURETTE (Laurent). — Découverte d'une grotte sépulcrale, probablement néolithique, à Montouliers (Hérault).... 1620
MENNERET. — Mouvements d'un liquide dans un tube..... 964
MERCANTON (Paul). — Stabilité d'aimantation des poteries lacustres... 1598
MERCIER (L.) et CUÉNOT (L.). — Étude sur le cancer des Souris. L'hérédité de la sensibilité à la greffe cancéreuse..... 1443
MESLIN (Georges). — Sur la structure des raies spectrales..... 1315
MESTREZAT (W.) et VILLE (J.). — Sur l'hydrolyse fluorhydrique de la cellulose..... 783
MEUNIER (Jean). — Sur les lois de la combustion à marche convergente . 781
MEUSEL (Edward) adresse un Mémoire en langue allemande sur la « Thermochimie »..... 645
METCHNIKOFF. — Fièvre typhoïde expérimentale..... 755
MEYER (André). — Sur la condensation de la phénylisoxazolone avec l'éther mésoxalique..... 1765
MICHEL-LÉVY (Albert). — Sur le gisement des pechsteins associés aux pyromérides dans l'Esterel.... 750
Voir *Lévy* (*Michel*).
MINISTRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES (M. le) transmet le désir exprimé par l'Ambassadeur d'Angleterre de voir l'Institut de France se faire représenter au service funèbre célébré à la mémoire de *S. M. le Roi Edouard VII*..... 1221
MINISTRE DE LA GUERRE (M. le) invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres, qui remplacera au Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, *M. Bouquet de la*

MM. Pages.
Grye, décédé..... 368
MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE (M. LE) adresse ampliation d'un Décret approuvant l'élection de *Lord Rayleigh* comme Associé étranger..... 295
— Adresse ampliation du Décret approuvant l'élection de *M. Adolphe von Bayer* comme Associé étranger.. 363
— Adresse ampliation du Décret autorisant l'Académie à accepter le legs fait à son profit par M. *Claude-Léon Demolombe*..... 447
— Adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *J.-D. van der Waals* comme Associé étranger.. 489
— Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre artiste, vacant au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Gautier*..... 668
— Adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection de M. *Richard Dedekind* comme Associé étranger..... 755
— Adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection de M. *Charles Lallemand* comme Membre de la Section de Géographie et Navigation..... 755
— Invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui remplacera, dans la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, M. *Bornet*, démissionnaire..... 758
— Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Membre du Bureau des Longitudes, vacant par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 764
— Invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre comme délégués de son Département au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, à Bruxelles, en mai 1910..... 764
— Invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au *Congrès international d'Hygiène alimentaire*, à Bruxelles, en octobre 1910..... 764
— Adresse ampliation du Décret approuvant l'élection de M. *Hittorf* comme Associé étranger..... 823
— Invite l'Académie à lui faire connaître ceux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au *XIe Congrès géologique international*, à Stockholm..... 1025
— Invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui pourraient se rendre, comme délégués de son Département, au *IIe Congrès international du Froid*..... 1094
— Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de Zoologie (Reptiles et Poissons) vacante, au *Muséum d'Histoire naturelle*, par la mise à la retraite de M. *Vaillant*..... 1655
MINISTRE DE L'INTÉRIEUR (M. LE) invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres pour remplacer, dans le Conseil d'administration de la fondation Carnegie, M. *Bouquet de la Grye*, décédé..... 80
MIRIMANOFF (D.). — Sur le dernier théorème de Fermat..... 204
MOLLERUP (JOHANNES). — Une remarque sur les équations intégrales de première espèce..... 313
MONACO (S. A. S. LE PRINCE ALBERT DE). — Sur la douzième campagne scientifique de la *Princesse-Alice*..... 1396
— Sur les travaux océanographiques du Musée de Monaco..... 1397
— Présente une nouvelle feuille de la « Carte des gisements de Mollusques comestibles des côtes de France », dressée par M. *Joubin*..... 1398
— Fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de la médaille frappée à l'occasion de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco.... 1403
MONTESSUS DE BALLORE (DE). — Sur le barographe considéré comme sismoscope enregistreur..... 486
MOREAU (L.) et VINET (E.). — L'arséniate de plomb en viticulture.... 787
MOSCHKOFF (Mlle A.) et MALFITANO (G.). — Sur la coagulation de la matière amylacée par congélation..... 710
MOSSO (A.) rappelle que la France peut

MM. Pages.
disposer de deux places d'études sur le sommet du *Mont Rose* et dans les laboratoires du *Col d'Olen*..... 1492
MONTEIL (Le lieutenant-colonel) prie l'Académie de le compter au nombre des candidats au siège vacant, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Bouquet de la Grye*..... 262
MOULIN (Marcel) et BAUER (Edmond). — Sur la constante de la loi de Stefan et le rayonnement du platine..... 167
— Sur l'éclat du Soleil et la constante solaire 1658
MOUREU (Ch.) et BONGRAND (J.-Ch.). — Sous-azoture de carbone C^2N^4..... 225
MOUTIER (A.). — Du rôle de la paroi artérielle dans la mesure de la pression artérielle en clinique..... 1138
MOUTON (H.) et COTTON (A.). — Sur la biréfringence magnétique et électrique des liquides aromatiques et sur la théorie de l'orientation moléculaire..... 774
— Sur la relation de Havelock entre la biréfringence et l'indice de réfraction 857
MÜNTZ (A.). — L'entraînement du limon des terres par les eaux de la Seine 257
— La lutte pour l'eau entre les organismes vivants et les milieux naturels..... 1390
— Est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours du prix Saintour pour l'année 1910..... 507

N

NAGEOTTE (J.). — Sur une nouvelle formation de la gaine de myéline : le double bracelet épineux de l'étranglement annulaire..... 123
— Etude microscopique, sur le vif, de l'activité de la myéline au cours de la dégénération wallérienne des nerfs 557
— Activité de la gaine de myéline dans les nerfs en état de survie..... 731
NANTY (T.) et LIMB (C.). — Observations des variomètres magnétiques de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon, pendant la nuit du 18 au 19 mai..... 1373
NÈGRE (L.) et BRIDRÉ (J.). — Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique 998
— Sur la nature du parasite de la lymphangite épizootique..... 1265
NÉGRIS (Ph.) et KTENAS (Const.-A.). — Sur la présence de couches à *Ellipsactinia* aux monts Vardussa et sur la zone orientale du flysch d'Italie en Grèce..... 748
NICLOUX (Maurice). — Décomposition du chloroforme dans l'organisme..... 1260
— Sur les produits de décomposition du chloroforme dans l'organisme... 1777
NICOLAU. — Sur la variation dans le mouvement de la Lune..... 1656
NICOLLE (Charles) et MANCEAUX (L.). — Reproduction expérimentale du bouton d'Orient chez le chien. Origine canine possible de cette infection 889
NODON (Albert). — Recherches sur le magnétisme terrestre..... 751
— Recherches sur l'ionisation de la source chaude des thermes d'Hamman-Salahin, près de Biskra..... 1083
— Adresse une Note intitulée « L'origine planétaire des perturbations solaires »..... 249
— Adresse des « Observations astrophysiques et météorologiques au Sahara »..... 1278
NOEL. — Les infiltrations sur le massif du Zaghouan (Tunisie)..... 1711
NOGIER (Th.), ROCHAIX et COURMONT (Jules). — L'eau stérilisée par les rayons ultraviolets contient-elle de l'eau oxygénée? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée..... 1453
NOMBLOT (Louis). — Sur la réduction des dérivés nitrosés de l'acétyl- et du benzoylhydrazobenzène..... 8
NORDMANN (Charles). — Sur l'éclat intrinsèque du Soleil..... 448

MM. Pages.
— Remarques au sujet de la Communication précédente..... 831
— Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles..... 669
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 894
— Sur l'éclat de la comète de Halley et la composition de la lumière.... 1732
NOUAILHAC-PIOCH et MAILLET (Edmond). — Sur les crues de la Seine en janvier-février 1910..... 813

O

OBERREIT. — Sur la synthèse de l'indigo tétrachloré-5.7-5'.7..... 282
OBIEDOFF, URBAIN (G.) et BLONDEL (M.). — Extraction des blendes. 1758
OLLIVIER (H.). — Réaimantation spontanée du fer..... 1051
OUIVET. — Sur une application des transformations birationnelles..... 1036
— Sur l'équation différentielle du mouvement d'un projectile sphérique pesant dans l'air..... 1229
OXNER (Mieczyslaw). — Analyse biologique du phénomène de la génération chez *Lineus ruber* (Müll.) et *Lineus lacteus* (Rathke)..... 1618

P

PACHON (V.) et PERROT (Em.). — Sur l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine..... 1703
PACOTTET (P.) et VIALA (P.). — Sur la culture du *Rœsleria* de la vigne.. 1770
PAINLEVÉ (P.) est élu Membre de la Commission chargée de juger le Concours du Grand Prix des Sciences mathématiques, des prix Francœur, Poncelet pour l'année 1910..... 366
— Est élu Membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Bordin pour l'année 1913.. 366
PARISELLE. — Sur l'éther éthylique de l'allylcarbinol..... 1056
— Sur une nouvelle synthèse de l'érythrite naturelle et de l'érythrite racémique..... 1343
PASCAL (Paul). — Mesure des susceptibilités magnétiques des corps solides..... 1054
— Analyse magnétique de quelques groupements chromophoriques..... 1167
— Sur la précision des méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques..... 1514
PÉREZ est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Lortet*, décédé... 1403
PERICAS et CIRERA. — Résumé des observations faites sur la comète de Halley à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne)..... 1576
PEROT (A.). — Sur l'arc au mercure dans le vide..... 1515
— Sur quelques particularités de l'arc au mercure dans le vide..... 1684
PÉROUX (F.). — Sur le forage du puits artésien de Maisons-Laffitte..... 59
— Sur la minéralisation et l'analyse chimique de l'eau du puits artésien de Maisons-Laffitte..... 142
PERRIER (Edmond) fait connaître l'état du Muséum après l'inondation..... 259
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*..... 1491
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les concours : des prix Tchiatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910. 367
— Des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368
— Des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445
— Des prix Montyon, Barbier, Bréant,

MM. Pages.

Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910... 445
— Du prix Jérome Ponti pour l'année 1910..... 507
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508
— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question : de prix Gay pour l'année 1913.... 367
— De Grand Prix des Sciences mathématiques pour l'année 1913..... 508
PERROT (Em.) et PACHON (V.). — Sur l'action cardio-vasculaire du café vert, comparée à celle de doses correspondantes de caféine..... 1703
PETOT (A.). — Sur le mode d'action des roues motrices..... 960
PETIT (G.), JABOIN (A.) et DOMINICI (H.). — Sur la radioactivité persistante de l'organisme résultant de l'injection intraveineuse d'un sel de radium insoluble et sur ses applications ..... [illegible]
PHISALIX (Mme). — Action physiologique du mucus des Batraciens sur ces animaux eux-mêmes [illegible] Serpents; cette action [illegible] la même que celle du venin [illegible] la Vipère... 41[illegible]
— Immunité [illegible] Batraciens et des S[illegible]rpents [illegible] le venin muqueu[illegible]x les premiers, mécanisme de cette immunité 635
PICARD (Alfred) est élu membre [illegible] Co[illegible] juger [illegible] Co[illegible] HEI[illegible] Montyon [illegible] tist[illegible] pour l'année 1910..... [illegible]45
— Du prix Caméré pour l'année 1910 [illegible]07
— Est élu membre de la Commission du Fonds Bonaparte pour 1910 et 1911. 590
PICARD (Emile). — Discours prononcé en prenant place au fauteuil de la Présidence..... 16
— Un théorème général sur certaines équations intégrales de troisième espèce..... 489
— Est désigné pour représenter l'Académie à l'Assemblée générale de l'*Association internationale des Académies*, à Rome, en mai 1910..... 896
— M. le *Président* rend compte de la dernière session de la Réunion internationale des Académies..... 1279
— M. le *Président* donne lecture d'une dépêche du Président de l'Académie royale des Beaux-Arts de Florence, témoignant sa sympathie pour la France à la suite des inondations..... 253
— M. le *Président* donne lecture d'une dépêche de M. *Blaserna*, Président de l'Académie royale des Lincei, transmettant ses profondes condoléances pour le fléau qui a désolé une grande partie de la France ... 363
— M. le *Président* remercie, au nom de l'Académie, ses Associés et Correspondants anglais de leur générosité envers les victimes des inondations. 572
— M. le *Président* donne lecture d'une lettre du Prince de Monaco invitant l'Académie à se faire représenter à la cérémonie d'inauguration du Musée océanographique de Monaco. 431
— Est désigné pour représenter l'Académie à cette inauguration..... 431
— M. le *Président* rend compte des fêtes de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco..... 848
— M. le *Président* annonce à l'Académie la mort de M. *Al. Agassiz*..... 847
— M. le *Président* annonce la mort de M. *Robert Koch*, Associé étranger, et celle de Sir *William Huggins*, Correspondant pour la Section d'Astronomie..... 1379
— M. le *Président* annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques la séance du lundi 28 mars est remise au mardi 29..... 755
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, des prix Francœur, Poncelet pour l'année 1910..... 366
— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910..... 445
— Des médailles Arago, Lavoisier, Berthelot pour l'année 1910..... 445
— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910..... 445
— Du prix Wilde pour l'année 1910.... 445
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508
— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question de prix Bordin pour l'année 1913... 366
— De prix Vaillant pour l'année 1913.. 508
PICARD DU CHAMBON (R.) adresse

MM. Pages.

un « Mémoire sur l'électricité dans les végétaux »..... 819

PLANCHEREL (Michel). — Sur la représentation d'une fonction arbitraire par une intégrale définie..... 318

M. le PRÉSIDENT DE LA LIGUE MARITIME FRANÇAISE invite l'Académie à se faire représenter à l'Assemblée générale, en avril 1910, à la Sorbonne..... 849

M. le PRÉSIDENT DE LA REALE ACCADEMIA DEI LINCEI invite l'Académie à lui indiquer le nom de ses Membres délégués à l'*Assemblée générale de l'Association internationale des Académies*, à Rome en mai 1910..... 896

M. le PRÉSIDENT DE L'ŒUVRE DU MONUMENT HORACE WELLS-PAUL BERT invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration, le 27 mars à Paris..... 758

M. le PRÉSIDENT DU IIIe CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHYSIOTHÉRAPIE invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, à Paris, en mars avril 1910..... 758

PUILLIEUX est élu membre de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques..... 708

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... [illegible]

— Du prix Lonchampt pour l'année 1910..... 445

POINCARÉ (H.) fait hommage à l'Académie du Tome VII de ses « Leçons de Mécanique »..... 667

— Fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé « Savants et Écrivains »..... 1160

— Sur les signaux horaires destinés aux marins..... 1471

— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : du Grand Prix des Sciences mathématiques, des prix Francœur, Poncelet pour l'année 1910..... 366

— Des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367

— Des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910... 367

— Des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367

— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910..... 445

— Du prix Wilde pour l'année 1910.... 445

— Du prix Jérôme Ponti pour l'année 1910..... 507

— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508

— Est élu membre des Commissions chargées de présenter une question de prix Bordin pour l'année 1913.. 366

— De prix Vaillant pour l'année 1913.. 508

POMPÉIU (D.). — Sur les singularités des fonctions analytiques uniformes. 454

POPOFF (K.). — Observations de la comète de Halley faites à l'Observatoire de Sofia (Bulgarie), le 18 mai 1910..... 1406

POSTERNAK (S.) et ARNAUD (A.). — Sur l'hydrogénation partielle des acides de la série stéarolique et sur l'isomérie de leurs dérivés monoiodhydriques..... 1130

— Sur deux nouveaux isomères de l'acide stéarolique..... 1245

— Sur l'isomérisation de l'acide oléique [illegible] déplacement de la double liaison..... 1525

POUGET (J.) et CHOUCHAK (D.) adressent une Note « Sur l'absorption de l'acide phosphorique par les plantes »..... 427

POZZI-ESCOT (Emm.) adresse une Note sur un « Oiseau particulier aux Andes péruviennes »..... 819

— Sur un Oiseau de la famille des Coureurs, particulier aux hauts sommets des Andes péruviennes..... 888

Q

QUIDOR (A.). — Sur la protandrie chez les *Lernæopodidæ*..... 1464

R

MM. Pages.

RADAU est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen pour l'année 1910... 367

RAMSAY (Sir William) est élu Associé étranger, en remplacement de M. *Alexandre Agassiz*, décédé..... 1726

RANC (Albert) et BIERRY (H.). — Sur le dédoublement diastasique des dérivés du lactose..... 1366

RANGARD. — Contribution à l'étude de l'audition et de son développement par les vibrations de la sirène à voyelles..... 724

RANVIER. — Est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Savigny, Thore pour l'année 1910..... 445

RATNOVSKI (S.) et GUYE (C.-E.). — Sur la variation de l'inertie de l'électron en fonction de la vitesse dans les rayons cathodiques sur le principe de relativité..... 326

RAWAZ (L.). — Recherches sur l'influence spécifique réciproque du sujet et du greffon chez la Vigne... 712

RAYLEIGH (Lord) est élu Associé étranger, en remplacement de M. *Simon Newcomb*..... 198

RECKLINGHAUSEN (Max de), HENRI (Victor) et HELBRONNER (André). — Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets..... 932

RECTEUR et le SÉNAT DE L'UNIVERSITÉ DE BERLIN (Le) invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes jubilaires, du premier centenaire de l'Université en octobre 1910..... 198

RECTEUR et le SÉNAT DE L'UNIVERSITÉ DE LEIPZIG (M. le) adressent à l'Académie une description des Instituts et Séminaires de la Faculté de Philosophie..... 301

REGAUD (Cl.) et FAVRE (M.). — Sur certains filaments ayant probablement la signification de mitochondries, dans la couche génératrice de l'épiderme..... 560

RÉMY (L.). — Sur les surfaces algébriques représentables sur celle de Kummer. 677

RENARD (Paul). — Sur la façon de parcourir en aéronef un itinéraire rectiligne avec une dépense minima de travail total..... 1666

REPELIN (J.). — Rôle des dislocations les plus récentes (post-tortoniennes) lors du séisme du 11 juin 1909..... 809

REVERDIN (Frédéric). — Action de l'acide sulfurique concentré sur quelques nitramines aromatiques. 399

— Sur une trinitro-*p*-anisidine..... 1433

RICCÒ (A.). — Sur l'éruption de l'Etna du 28 mars 1910..... 1078

RIESZ (Frédéric). — Sur certains systèmes d'équations fonctionnelles et l'approximation des fonctions continues..... 674

ROBIN. — Phénomène de l'extinction du son dans le fer..... 780

ROBINSON (R.). — Les dimensions du cæcum et la typhlectasie..... 639

— Résection des veines affluentes de la crosse de la veine saphène interne.. 1352

ROCHAIX, COURMONT (Jules) et NOGIER (Th.). — L'eau stérilisée par les rayons ultraviolets contient-elle de l'eau oxygénée? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée..... 1453

RODET (A.) et LAGRIFFOUL. — Sérothérapie de la fièvre typhoïde; résultats cliniques..... 741

ROGER et LAGRIFFOUL. — La fièvre de Malte en France..... 800

ROGER-JOURDAIN (P). — Sur l'oxydation de l'amalgame d'aluminium..... 1602

ROMAN. — Sur les Rhinocéridés de l'Oligocène d'Europe et leur filiation... 1558

ROSE. — Sur quelques tropismes..... 1543

ROSENBLATT (M.) et BERTRAND (Gabriel). — Sur la température mortelle des tyrosinases végétales.. 1142

ROSENBLATT (M. et Mme M.). — Influence de la concentration en saccharose sur l'action paralysante de certains acides dans la fermentation alcoolique..... 1363

ROSENSTIEHL (A.). — Conséquences

MM. Pages.
de l'hypothèse d'Young. De la sensation du blanc binaire..... 235
— Conséquence de la théorie d'Young. De la construction chromatique dans l'espace..... 350
ROSENTHAL (Pierre). — Ouverture d'un pli cacheté contenant une Note intitulée : « De l'emploi de la lumière bleue artificielle pour le blanchiment des dents »..... 153
ROSSET (Th.). — Sur un nouvel inscripteur du son..... 1511
ROUCHÉ est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours du prix Montyon (Statistique) pour l'année 1910..... 445
ROULE (Louis). — Sur la structure des protubérances épidermiques de certains Amphibiens urodèles et leurs affinités morphologiques avec les poils..... 191
— Sur les Poissons de la famille des Némichthyidés..... 352
ROUSSANOF (V.). — Sur des lambeaux de glace fossile en Nouvelle-Zemble. 807
— Sur les terrains paléozoïques de la Nouvelle-Zemble..... 1550
ROUX est élu membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du baron Larrey, Bellion, Mège, Dusgate pour l'année 1910.. 445
— Du prix Lonchampt pour l'année 1910. 445
— Du prix Saintour pour l'année 1910... 507
RUFZ (J. de) et COLIN (H.). — Sur l'absorption du baryum par les plantes..... 1074
RUSSENBERGER (J.-H.). — Sur l'absorption des liquides par les substances poreuses..... 275
RUSSYAN (C.). — Le théorème de M. W. Stekloff (théorème généralisé de Jacobi) et sur les formules généralisées de la transformation de contact..... 81
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 822
— La méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre..... 1027

S

SABATIER (Paul) et MAILHE (A.). — Sur le mécanisme de déshydratation des alcoools par catalyse au moyen de divers oxydes métalliques..... 823
— Méthode générale de préparation directe des thiols par catalyse à partir des alcools..... 1217
— Sur la formation et le dédoublement des thiols; synthèse des sulfures neutres alcooliques..... 1569
SAGNAC (G.). — Sur les interférences de deux faisceaux superposés en sens inverses le long d'un circuit optique de grandes dimensions..... 1302
— Interféromètre à faisceaux lumineux superposés inverses donnant en lumière blanche polarisée une frange centrale étroite à teinte sensible et des franges colorées étroites à intervalles blancs..... 1676
SAINT-RENÉ (H.-C.). — Sur une solution du problème de la vision à distance..... 446
SALTYKOW. — Sur la généralisation du théorème de S. Lie..... 1506
— Sur les applications du théorème de S. Lie généralisé..... 1585
SARTHOU (J.). — Sur la présence dans le lait de vache d'une anaéroxydase et d'une catalase..... 119
SAUSSURE (René de). — Sur les corps solides *opposés*..... 1586
SAUTON et TRILLAT (A.). — Influence des atmosphères viciées sur la vitalité des microbes..... 743
SAUVAGE (H.-E.). — Le ganglion d'Andersh chez le Phrynosome cornu. 734
— La partie thoracique du grand sympathique chez les Sauriens..... 799
— La partie abdominale du grand sympathique chez les Sauriens..... 1077
SCAL (Cl.), URBAIN (Ed.) et FEIGES

MM. Pages.
(A.) — Sur la stérilisation de l'eau par l'ultraviolet 548
SCHAFFER (H.). et GUYE (C.-E.). — Sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures..... 962
SCHAUMASSE, JAVELLE et CHARLOIS. — Sur la comète 1910 *a*. Observations faites à Nice..... 303
SCHLŒSING. — Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910 367
SCHOOP (U.). — Nouveau principe de métallisation..... 1044
SEBERT. — Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Du prix extraordinaire de la Marine, du prix Plumey pour l'année 1910.. 367
SECRÉTAIRE de l'AÉRO-CLUB DE FRANCE (M. LE) adresse une réplique de la médaille offerte à M. *Cailletet* pour son Jubilé académique..... 301
SECRÉTAIRE de l'INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS (M. LE) invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime à Londres*, le 5 juillet 1910..... 896
SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU XIe CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL (M. LE) invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès réuni à Stockholm, en août. 849
SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ANTONIO ALZATE (M. LE) adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de profonde condoléance à l'occasion du décès de M. *Bouquet de de la Grye*..... 831
SÉE (ALEXANDRE) adresse une Note intitulée : « Formules de la poussée des hélices propulsives »..... 1278
SÉGUIER (DE) — Sur le groupe symétrique et le groupe alterné 599
— *Errata* relatifs à cette Communication. 822
SEIDLITZ (WILFRID VON). — Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons du Vorarlberg et de l'Allgau... 944
SELIBER (G.). — Détermination des acides volatils dans les produits de fermentation de quelques microbes d'après la méthode de Duclaux 1267
— Sur la symbiose du bacille butyrique en culture avec d'autres microbes anaérobies..... 1545
— Sur le virage du pigment de deux champignons..... 1707
SENCIER (GASTON). — Remarque à propos de la publication, dans les *Mémoires de l'Académie*, du projet de dirigeable du général Meusnier. 1205
SENDERENS (J.-B.). — Préparation catalytique des cétones aromatiques..... 111
— Catalyse des acides aromatiques.... 702
— Cétones dérivées de l'acide benzoïque et de l'acide phénylacétique..... 1336
SÉRÉGÉ (H.). — Étude expérimentale sur la spécificité d'action des sources de Vichy employées en thérapeutique thermale..... 1135
SERPEK (J.-O.). — Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air..... 1520
SERRANT (EMILE) adresse une Note concernant « Certains corps explosifs »..... 1205
SÉVE (PIERRE). — Sur un nouveau modèle de balance pour la détermination des champs magnétiques... 1309
SILBERZWEIG (C.) et WAHL (A.). — Sur les méthoxybenzoylacétates de méthyle..... 538
SIMON (G.), LESNÉ (E.) et DEBRÉ (R.). — Sur la présence des germes virulents dans l'atmosphère des salles d'hôpital..... 1001
SIMON (L.-J.). — Sur le caractère acide de l'éther oxalacétique..... 1760
SIZES (GABRIEL) et MASSOL (G.). — Inscription photographique des vibrations d'un diapason..... 1746
SMOLUCHOWSKI. — Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire.... 1368
SOREAU (RODOLPHE) adresse une Note intitulée : « La poussée sur la surface portante des aéroplanes»..... 1278
— La poussée sur la surface portante des aéroplanes..... 1595
STASSANO (H.) et DAUMAS (A.). —

MM. Pages.

Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe. 937

STAWSKA (Mlle Boleslawa). — Études sur le venin de cobra et le sérum antivenimeux. 1539

STEKLOFF (W.). — Sur un théorème général d'existence des fonctions fondamentales correspondant à une équation différentielle linéaire du second ordre. 452

— Sur le développement d'une fonction arbitraire en séries procédant suivant certaines fonctions fondamentales. 601

STŒCKLIN (E. de). — Nouvelle méthode permettant de déceler des traces d'alcools. 43

STŒCKLIN et CROCHETELLE. — Sur la présence accidentelle dans le lait de sulfocyanures et leur origine. 1530

STÖRMER (Carl). — Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude. 1631

STROHL (J.). — Le poids relatif du cœur et l'effet des grandes altitudes. Étude comparative sur deux espèces de Lagopèdes habitant l'une les Hautes-Alpes, l'autre les plaines de Laponie. 1257

STRONG (Pablo-Martinez). — Sur la nature colloïdale des acides chromopolysulfuriques. 1172

SZILARD (B.). — Un action à distance sur le cohéreur, produite par les contacts métalliques. 1670

T

TABOURY (F.) et BODROUX (F.). — Synthèses effectuées avec le cyanure de benzyle. 531

— Synthèse de nitriles aromatiques. 1241

TANNERY est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours: du prix Montyon (Statistique) pour l'année 1910. 445

— Du prix Binoux (Histoire des Sciences) pour l'année 1910. 445

TARBOURIECH (P.-J.). — Sur le méthyl-1-éthanoyl-1-cyclohexane. 1606

TARRY (Harold) adresse une Note intitulée : « Les grands mouvements de l'atmosphère et la production des inondations ». 250

TAVANI (J.) adresse un Mémoire : « Sur la théorie des séries à termes positifs et des fonctions entières ». 819

TCHOUGAEFF (L.) et FOMIN (W.). — Sur certains dérivés de la cholestérine. 1435

TERMIER (Pierre) fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée: « Deux conférences de Géologie alpine ». 589

TERMIER (Pierre) et LAPPARENT (Jacques de). — Sur la monzonite de Fontaine-du-Génie, près Cherchel (Algérie) et les micromonzonites de la région avoisinante. 1484

THIRODE (G.) et GAULT (H.). — Condensation des amines secondaires avec l'éther γ-bromodiméthylacétylacétique. 1123

THIROUX (A.) et DUFOUGERÉ (W.). — Sur un nouveau spirille du *Cercopithecus patas*. 132

THOMPSON (Silvanus P.). — Effets physiologiques produits par un champ magnétique alternatif. 991

THORPE (J.-F.) et BLANC (G.). — Sur le produit de la méthylation de l'éther dicétoapocamphorique de M. *G. Komppa*. 1126

THOULET (J.). — De la genèse des roches sous-marines connues sous le nom de *mattes*. 421

— Carte lithologique sous-marine de la côte du Languedoc. 640

— Sédiments marins d'origine éolienne. 947

— Sur la mesure de la couleur des vases marines actuelles et anciennes. 1375

THOVERT (G.). — Diffusion et théorie cinétique des solutions. 270

TIFFENEAU (M.). — Action des agents déshydratants sur quelques α-glycols. 1181

TISON (Adrien) et MAIRE (René). — Sur quelques Plasmodiophoracées. 1768

TISSOT (J.). — Étude expérimentale des combustions intraorganiques

MM. Pages.

chez les animaux respirant de l'air progressivement appauvri en oxygène et des procédés de défense naturels de l'organisme contre l'anoxyhémie..... 719
TOUPLAIN et BORDAS (F.). — Contribution à l'étude des réactions dues à l'état colloïdal du lait cru.. 341
TRANIÉ (H.) adresse un « Traité technique et pratique des irrigations».. 191
TRILLAT (A.). — Sur la désinfection par la combustion incomplète de la paille..... 339
TRILLAT (A.) et SAUTON. — Influence des atmosphères viciées sur la vitalité des microbes..... 743
TROOST est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours des prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Alhumbert pour l'année 1910..... 367
— Du prix Wilde pour l'année 1910... 445
— Du prix Saintour pour l'année 1910. 507
TSCHERNIAVSKI (A.) et GUYE (C.-E.). — Mesure de très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression..... 911
TZITZÉICA (G.). — Un problème sur les systèmes triples orthogonaux.. 29
— Sur une nouvelle classe de surfaces.. 955
— Sur une nouvelle classe de surfaces. 1227

U

UBACH et CIRERA (P.). — Observations sur le passage de la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Ebre (Espagne)..... 1494
URBAIN (Ed.), SCAL (Cl.) et FEIGES (A.). — Sur la stérilisation de l'eau par l'ultraviolet..... 548
URBAIN (G.). — Sur l'analyse magnétochimique des terres rares..... 913
URBAIN (G.), BLONDEL (M.) et OBIEDOFF. — Extraction du germanium des blendes..... 1758

V

VAILLANT (P.). — Sur les lois de l'évaporation..... 213
— Sur un cas particulier d'évaporation. 689
— Sur une loi de Stefan relative à l'évaporation..... 1048
VALLÉE (H.) et GUINARD (L.). — Des propriétés physiologiques des extraits du bacille de Koch condensés et sensibilisés..... 1140
VALLET (Gabriel). — Pénétration et action bactéricide des rayons ultraviolets par rapport à la constitution chimique des milieux..... 632
— Stérilisation de grandes quantités d'eau au moyen des rayons ultraviolets..... 1076
VAN AUBEL (Edm.). — Sur la production d'ozone sous l'influence de la lumière ultraviolette..... 96
— Sur la relation de Pulfrich entre la contraction du volume et le pouvoir réfringent des mélanges liquides... 210
VAN DER WAALS est élu Associé étranger..... 300
VANEY (C.) et CONTE (A.). — Recherches sur le développement de l'œuf de Ver à soie univoltin..... 553
VAN TIEGHEM (Ph.). — Classification nouvelle du groupe des Inovulées. 1715
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce à l'Académie que le Tome LI des *Mémoires de l'Académie des Sciences* est en distribution au Secrétariat. 1087
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce à l'Académie que le Tome CXLVIII des *Comptes rendus* (1er semestre 1909) est en distribution au Secrétariat..... 1087
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce le décès de M. *Julius Kühn*, Correspondant pour la Section d'Économie rurale..... 953
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce la mort de M. *Edouard van Beneden*, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie..... 1094
— Rapport de la Commission chargée de proposer pour l'année 1910 la

BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY

MM. Pages.
répartition des subventions du *Fonds Bonaparte*..... 1784
— Est élu membre d'une Commission qui devra proposer des listes de candidats à deux places d'Associés étrangers..... 444
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*..... 1491
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Tchihatchef, Gay, Binoux, Delalande-Guérineau pour l'année 1910..... 367
— Des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368
— Des médailles Arago, Lavoisier, Berthelot pour l'année 1910..... 445
— Des prix Gegner, Lannelongue et Trémont pour l'année 1910..... 445
— Du prix Saintour pour l'année 1910. 507
— Est élu membre de la Commission chargée de présenter une question de prix Gay pour l'année 1913.... 367
— M. le *Secrétaire perpétuel* signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance : un « Souvenir d'excursion en Roumanie » et divers travaux de MM. *A. Angot*, *Arthur de Claparède*, *E.-G. Paris*, 80. — Divers Ouvrages de MM. *Charles Riquier*, *Friedrick Fredde*, *E. Perroncito*, et une brochure intitulée : « *Onoranze al Prof. Luigi Cremona* », 199. — Une publication de l'Association internationale des Académies relative à la réunion du 3 juin 1909, 301. — Divers Ouvrages de MM. *O.-D. Chwolson* et *Ch. Bertrand*, 448. — Le Tome XXXVIII des « Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France » et un Ouvrage de M. *C. Pérez*, 590. — Divers Ouvrages de MM. *Edmond Kayser*, *G.-D. Hinrichs*, *Albert Petot*, et un Rapport en italien, relatif au tremblement de terre de 1908, 764. — Divers travaux de M. *Elie de Cyon*, du *Service géographique de l'Armée* et de l'*Observatoire royal de Belgique*, 849. — Le Tome XX des « Opere de Galileo Galilei », divers travaux de M. *A. Lebeuf* et de M. *Albert Granger*, 953. — Le « Quatrième Congrès international d'Aéronautique, Nancy, Procès-verbaux, Rapports et Mémoires »; divers Ouvrages de M. *H. Leconte*, de M. *Emile Haug*, de M. le Général *Berthaut*, 1095. — Les Comptes rendus des séances de la troisième réunion de la Commission permanente de l'Association internationale de Sismologie », par M. *R. de Kövesligethy*, 1222. — Plusieurs brochures relatives au « Congrès mondial des Associations internationales sous le patronage du Gouvernement belge »; divers Ouvrages de MM. *Joubin*, *Tilho*, *M. Landeroin* et *J. Tilho*, *Ph. Eberhardt* et *M. Dubard*, 1404. — Diverses publications du *Ministère du Travail*, de MM. *P.-A. Dangeard*, *Ch. Moureu* et *Ch. Vélain*, de l'*École technique supérieure de Munich*, du *Comité de la Carte internationale*, 1574. — Divers travaux de MM. *van der Stok*, *Harris Hancock* et *Lenard*..... 1732
VASTICAR (E.). — Sur la structure de la tectoria..... 354
VAVON (G.). — Hydrogénation de l'essence de térébenthine..... 1127
— Sur le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de pinène..... 1428
VERGNE (H.). — Sur les changements canoniques de variables..... 1038
VERNEUIL (A.). — Sur la reproduction synthétique du saphir par la méthode de fusion..... 185
VESSIOT (E.). — Sur l'intégration des systèmes complets..... 1662
VÈZES (M.). — Sur l'analyse de l'essence de térébenthine par les courbes de miscibilité..... 698
VIALA (P.) et PACOTTET (P.). — Sur la culture du *Rœsleria* de la vigne..... 1770
VIEILLE est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Montyon, Fourneyron pour l'année 1910..... 367
— Du prix extraordinaire de la Marine,

MM. Pages.
du prix Plumey, pour l'année 1910. 367
— Du prix Caméré pour l'année 1910. 507
VIGNON (Léo). — Textiles et matières colorantes insolubles..... 472
— Pouvoir de diffusion de certaines matières colorantes artificielles.... 619
— Phénomènes de transport électrique dans les solutions de certaines matières colorantes..... 923
VIGUIER (P.-L.). — Sur l'aldéhyde α-bromocrotonique 1431
VIGUIER (Paul) et BLARINGHEM (L.). — Une nouvelle espèce de Bourse-à-Pasteur, *Capsella Viguieri* Blar., née par mutation..... 988
VILLA (A.) et ETARD (A.). — L'analyse des matières protoplasmiques. 1709
VILLARD est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367
VILLARD (P.) et ABRAHAM (H.). — Sur l'existence de deux potentiels explosifs..... 1286
— *Errata* relatifs à cette Communication 1714
VILLE (J.) et MESTREZAT (W.). — Sur l'hydrolyse fluorhydrique de la cellulose..... 783
VINCENT (H.). — Les bases expérimentales de la vaccination antityphique..... 355
— Sur l'immunisation active de l'homme contre la fièvre typhoïde. Nouveau vaccin antityphique..... 482
VINET (E.) et MOREAU (L.). — L'arséniate de plomb en viticulture.... 787
VIOLLE (J.). — Sur la lutte contre la grêle dans le Beaujolais..... 1087
— Est élu membre des Commissions chargées de juger les Concours : des prix Hébert, Hughes, Kastner-Boursault, Victor Raulin pour l'année 1910..... 367
— Du prix Wilde pour l'année 1910... 445
— Du prix Houllevigue pour l'année 1910..... 508
— Est élu Membre de la Commission du Fonds Bonaparte pour 1910 et 1911..... 590
VOISENET (E.). — De la production de petites quantités d'aldéhyde formique dans l'oxydation de l'alcool éthylique par voie chimique, physique ou biologique..... 40
— Sur la recherche de l'hexaméthylènetétramine dans les moûts et les vins 879
— Formation d'acroléine dans la maladie de l'amertume des vins..... 1614
VOLMAR (V.). — Sur quelques trialcoylacétonaphtones et leur dédoublement par l'amidure de sodium. 1174
VOURNASOS (A.-C.). — Sur la réaction de l'hydrogène naissant à l'état sec 464
— De l'action réductrice des formiates alcalins sur certains composés minéraux..... 922
VUILLEMIN (P.). — Matériaux pour une classification rationnelle des *Fungi imperfecti* 882

W

WAHL (A.) et SILBERZWEIG (C.). — Sur les méthoxybenzoylacétates de méthyle..... 538
WARCOLLIER et MAURAIN. — Action des rayons ultraviolets sur le vin en fermentation..... 343
WATTEVILLE (C. de) et HEMSALECH (G.-A.). — Sur le spectre de flamme à haute température du fer..... 329
WEINBERG. — De l'influence du régime sur la production de l'athérome spontané 940
WEISS (Pierre) et KAMERLINGH ONNES. — L'intensité d'aimantation à saturation aux très basses températures..... 686
— Sur les propriétés magnétiques du manganèse, du vanadium et du chrome 687
WEISWEILLER (G.) et BERTRAND (Gabriel). — La vicianose, nouveau sucre réducteur en C^{11}..... 180
WELSCH (Jules). — Sur la formation

MM. Pages.

du Marais poitevin et la séparation des îles de Ré et d'Oléron..... 844
— Sur les dépôts de tourbe littorale de l'ouest de la France..... 1628
WERTENSTEIN (Louis). — Sur le parcours des projections radioactives 869
WOLF (Charles) est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Janssen, pour l'année 1910..... 367
WOLFF (J.). — Action des phosphates alcalins bibasiques sur la tyrosinase. 477
WROCZYNSKI (A.) et BRINER (E.). — Action chimique des pressions élevées; compression du protoxyde d'azote et d'un mélange d'azote et d'hydrogène; décomposition de l'oxyde de carbone par la pression. 1324
— *Errata* relatifs à cette Communication..... 1714

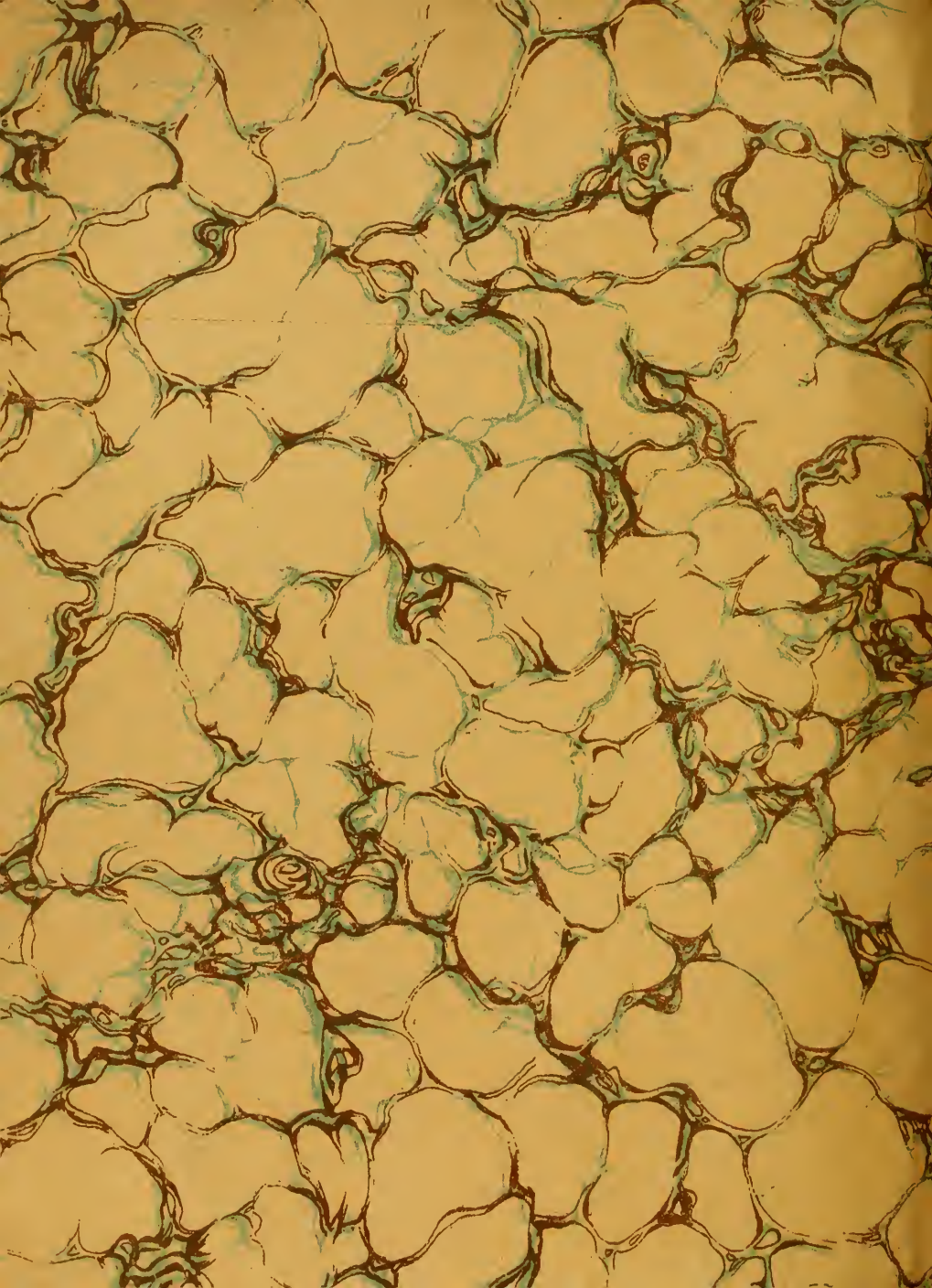
Y

YVON (P.). — Sur l'émétique d'aniline. 283
— Sur l'émétique d'arsenic et d'aniline. 834

Z

ZEILLER (R.) fait hommage à l'Académie d'une « Notice sur M. P. Fliche, sa vie et ses travaux »..... 193
— Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou 1488
— Est désigné pour représenter l'Académie au 3e *Congrès international quinquennal de Botanique*, en mai 1910, à Bruxelles..... 848
— Est élu membre de la Commission chargée de juger le Concours des prix Desmazières, Montagne, De Coincy, De la Fons-Mélicocq, Bordin (Sciences physiques) pour l'année 1910..... 368
ZELTNER (Fr. de). — Les grottes peintes du Soudan français..... 1461
ZORETTI (Ludovic). — Sur les ensembles de points..... 162
— Sur les propriétés des lignes cantoriennes..... 1505
ZORN (L.) et GRIGNARD (V.). — Action du chlorure de thionyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes..... 1177

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
46042 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.



MBL/WHOI LIBRARY
WH 1955 6